

फेब्रुवारी-मार्च २०१६

अंक ९८

शैक्षणिक

संदर्भ

शिक्षण आणि विज्ञान
यात रुची असणाऱ्यांसाठी



अनुक्रमणिका

शैक्षणिक संदर्भ अंक - ९८

📖 उजळणी एक, दोन, तीन...ची - रोहित होळकर	६
● बुरशीने आणली जमिनीवर बहार - माधव गाडगीळ, अनुवाद : यशश्री पुणेकर	१२
● उष्मगतिकीचा दुसरा नियम ! भाग -३ - फ्रँक लँबर्ट रूपांतर : नीलिमा सहस्रबुद्धे	१८
● पैलू सम-विषम वाहतूक नियंत्रणाचे - सुजित पटवर्धन	२१
● खुराड्यांपेक्षा कबुतरे जास्त - किरण बर्वे	३२
● पृथ्वीचे वय किती? - सुशील जोशी, अनुवाद : मीना कर्वे	३६
● तारे जमीन पर-अर्णव विश्वास आणि गुंजाकुमारी, अनुवाद : गो. ल. लोंढे....	४१
● निसर्गाची भूमिती - प्रियदर्शिनी कर्वे	४८
● Trouble with Physics	५०
📖 संख्या शिकवण्यात आकृतीबंध (पॅटर्न) आणि खेळाची भूमिका - शैलेश शिराळी, अनुवाद : ज्ञानदा गद्रे-फडके	५६
● गुगलक्रोम: भविष्यातील संगणक कार्यप्रणाली - वीणा कुलकर्णी अनुवाद : संजीवनी आफळे	६५
📖 मिश्रण आणि स्थिर विद्युत - प्रकल्प - किरण बर्वे	६९
● अवकाश तळ - सुरेश नार्सिक	७१
📖 फुलपाखराला उडणं कोण शिकवतं? - रेखा चमोली, अनुवाद : ज्योती देशपांडे	७४
● बसू दे थोडा चटका ! - विनय र. र.	७८

📖 हे लेख शालेय पाठ्यक्रमाला पूरक आहेत.

ज्या वाचकांना फक्त email वर शैक्षणिक संदर्भ अंकाची soft copy पाठवलेली चालेल,
त्यांनी संदर्भला इमेल करून तसे कृपया कळवावे.

प्रिय प्रौढ वाचक,

(हे नियतकालिक माध्यमिक शाळेतले विद्यार्थी, त्यांचे शिक्षक आणि पालक वाचतात. हे पत्र त्यातल्या प्रौढ म्हणजे, शिक्षक आणि पालकांसाठी आहे. अर्थात आपल्यासाठी नाही असं म्हटल्यावर विद्यार्थीही ते वाचनारच.)

शाळेत असताना आपल्याला वाटायचं की शिक्षकांनी काही म्हटलं तर ते बरोबरच असणार. त्यांना महत्वाचे वाटणारे मुद्देच खरे महत्वाचे असतात. त्यांच्या दृष्टीनं बिनमहत्वाचे प्रश्न खरे नव्हेतच इ.

काही मुलामुलींना शिक्षकांना बुचकळ्यात पाडणारे प्रश्नही पडत. या प्रश्नांची उत्तरं शिक्षकांना येत नसायची, मग ते काय हवी ती उत्तर द्यायचे. कधी ते उत्तर ठार चुकीचं असायचं, तर कधी प्रश्नाचा आणि उत्तराचा काही संबंधच नसायचा. कधी विषय बदलून 'भलते प्रश्न विचारत बसतेस आणि आवश्यक असलेलं अमुकतमुक करत नाहीस.' असं म्हणत ते विद्यार्थ्याला भलत्याच रानात धोपटायचे. काही वेळा हा प्रश्नच मूर्खासारखा आहे, असं उत्तर द्यायचे. वगैरे वगैरे. शिक्षकांना म्हटलं तेच बरोबर अशी आपली अंधश्रद्धा असल्यानं आपणही या शेवटच्या उत्तरावर विश्वास ठेवून गप्प बसायचो. आपला प्रश्न खरं म्हणजे अत्यंत

महत्वाचाही असायची शक्यता आहे, अशी शंका ना शिक्षकांना यायची, ना आपल्याला. खच्चीकरण हा आपल्या शिक्षणव्यवस्थेचा पायाच असल्यानं ते त्यातून घडे.

तो प्रश्न, तो मुद्दा मग तसाच मनाच्या मागच्या कप्प्यात कुठंतरी पडून असायचा. वरकरणी आपणही तो विसरून जायचो. पुढे मोठं झाल्यावर कधीतरी वेगळ्याच एखाद्या संदर्भात, वाचनात आपल्या प्रश्नाचं उत्तर अगदी अचानकपणे समोर आलं की आपल्याला आठवण व्हायची की अरे, हो, खरं म्हणजे मी शाळेत असताना मला हाच प्रश्न पडला होता; पण त्यावेळी कुणी दखलच घेतली नव्हती त्याची. बरोबर होता की माझा प्रश्न; विचारात घ्यायला हवा होता शिक्षकांनी, निदान मी तरी त्यांच्या मागे लागायला हवं होतं, उत्तराचा ध्यास घ्यायला हवा होता.

माझं उदाहरण द्यायचं तर... तुम्हाला आठवत असेल, हवेच्या दाबाचा एक प्रयोग आपण करायचो. पेल्यात वरपर्यंत पाणी भरायचं, पेल्यात अजिबात जागा राहू द्यायची नाही, त्यावर एक पुठ्ठा ठेवायचा, आणि तो पेला अलगद उलटा करायचा. पुठ्ठा तसाच राहतो. पाणी सांडत नाही. वातावरणातली हवा तो पाण्याचा स्तंभ उचलून धरते. हा प्रयोग तसा सोपा

असल्यानं, म्हणजे त्याचं साहित्य घरातही उपलब्ध असल्यानं, मी घरीही हा प्रयोग करून बघितला होता, माझ्या मते अनेकांनी तो तसा केला असणार. मी या प्रयोगासाठी अनेक वह्यांचे पुठे फाडले, जुन्या वह्यांचे संपल्यावर नव्या वह्यांचेही फाडले. अंगणात, व्हरांड्यात पाणीपाणी करून ठेवलं, त्याबद्दल अर्थातच बोलणीही खाल्ली. हातात पाणी भरलेला उलटा पेला धरून, तो बघायला आरडाओरडा करून घरातल्यांना काम सोडून यायला लावलं होतं. काही वेळानं पुठ्ठा कसा ठेवायचा यावर माझं इतकं प्रभुत्व आलं होतं की, प्रयोग हमखास जमायचाच. मग माझ्या मनात आलं की या हवेला जर पेल्याच्या आकाराचा पाण्याचा स्तंभ उचलता येतो तर ती हवा जरा कमी उंचीचा पाण्याचा स्तंभ का नाही उचलणार? मी अनेकदा तसा प्रयोग करून पाहिला. पुन्हा पाणीपाणी झालं, पण काहीवेळा नकळत जमलं देखील. मला स्वतः खात्री वाटत नसावी. मी दुसऱ्या दिवशी शिक्षकांना हे सांगितलं. त्यांनी माझं म्हणणं ऐकूनही घेतलं नाही. पुस्तकात पेल्यात (हा शिक्षकांचा शब्द) वरपर्यंत पाणी भरायला सांगितलंय, तेव्हा प्रयोग यशस्वी व्हायला हवा असेल तर मी तसंच केलं पाहिजे असं त्यांनी मला स्पष्टपणे बजावलं. आणखीही असो.

वर्गासमोर अशी नाचक्री झाल्यामुळे मी त्या शिक्षकांच्या विषयाकडेच दुर्लक्ष

केलं. आणि नंतर अनेक वर्षांनी अक्षरनंदन शाळेच्या उभारणीत सहभागी झाल्यावर, जेव्हा तिसरीचौथीच्या मुलामुलींसाठी विज्ञानशिक्षण वर्ग घेण्याची कल्पना आली, त्याची तयारी करताना मला माझ्या मनात आलेली शंका बरोबरच होती हे आठवलं आणि शिक्षकांनी अज्ञानानं दुर्लक्ष केलेलं असणार याची जाणीव झाली. असाच प्रकार हवेत ऑक्सिजन एक पंचमांश असतो हे सिद्ध करताना, मेणबत्ती विझवल्यावर पाणी वर चढण्याच्या प्रयोगाबद्दलही झाल्याचं आठवलं. शिक्षकांनी आमच्या कुतुहलाला महत्त्व न दिल्यामुळे देश काही वैज्ञानिकांना मुकला असं काही आपलं म्हणणं नाही, पण आत्मविश्वास थोडासा वाढला असता एवढं खरं.

असेच काही अनुभव, इतर काही प्रयोग किंवा इतर विषयांच्या अभ्यासातही आपल्याला आलेले असतील. हे अनुभव आपण शब्दात मांडूया. हे सदर अशा अनुभवांचेच असणार आहे. त्याचे लेखकही विविध असतील. अनुभवाची जातकुळी एकच असली तर विषय विज्ञानाशीच संबंधित असण्याचीही आवश्यकता नाही. ते शब्दबद्ध करून आमच्याकडे पाठवून द्या. आपल्याला आलेल्या अनुभवांची आम्ही वाट पाहत आहोत.

संजीवनी कुलकर्णी
संपादक, शैक्षणिक संदर्भ

उजळणी एक, दोन, तीन...ची

लेखक : रोहित होळकर

प्रस्तावना

लहानपणी सर्वांनीच अंकलिपीतून पाढे पाठ केलेले असतात. माझी आई मला अंकलिपीमधून पाढे शिकवायची. आकडेमोडीमधलं मला फारसं काही

कळायचं नाही. 'बे चे पाढे' नावाचा महान प्रकार तर दूरची गोष्ट, पण 'एक - दोन - तीन' शिकतानाही मी इतका घोळ घालायचो की आई मला शिक्षा देत असे! एक - दोन - तीन शिकताना माझी गाडी एक दोन पासून सुरु व्हायची...

४८ ला मी गडबडायचो. थोडा वेळ विचार करून '४९' ऐवजी मी पुन्हा '१' असं म्हणायचो. आई एकदा इतकी चिडली की मला रात्रीचे जेवणही दिलं नाही! माझ्या कित्येक भावंडांची आणि मित्रांची गत काही



वेगळी नव्हती, असं आत्ता कळतं. पण खरंच अठेचाळीसनंतर जर एक आला असता तर माझ्या किती शिक्षा वाचल्या असत्या! हाच माझा बालपणीचा प्रश्न घेऊन या लेखामध्ये 'मोजण्याच्या' एका वेगळ्या पद्धतीवर मी बोलणार आहे. तुम्ही जर 'बायनरी काउंटिंग' शिकला असाल, तर त्यामध्ये $1 + 1 = 0$ असं का मानलं जातं, त्याचं उत्तरही या लेखामध्ये आहे.

मी कॉलेजमध्ये जाऊन 'उच्च गणित' शिकू लागल्यावर मला कळले, की माझी ४८ नंतर १ म्हणण्याची चूक आणि आठवड्याचे वार मोजणे या दोन प्रक्रियांचा जवळचा संबंध आहे! वरवर दिसायला या दोन्ही गोष्टी किती वेगवेगळ्या आहेत! या दोघांमधील नेमका संबंध काय ते आपण पाहू.

दिवसाच्या वारांची बेरीज करणे

समजा मला दिवस मोजायचे आहेत, पण पहिला दिवस, दुसरा दिवस, तिसरा दिवस... असे नाही तर वारांच्या भाषेत मोजायचेत; तर कसे मोजायचे? सोमवार, मंगळवार,.... शनिवार, रविवार असे. पण रविवारनंतर पुढे दिवस आहेतच की, काळ थांबत नाही. मग पुढे काय? पुढे पुन्हा सोमवार येतो आणि मग पुन्हा तेच चक्र चालू असते.

आता जरा गणिती भाषा वापरून पाहू. म्हणजे रविवारला रविवार ऐवजी ० म्हणू,

सोमवारला १ म्हणू, मंगळवारला २, नि असेच करत शुक्रवारला ५ नि शनिवारला ६, म्हणजेच रविवार = ०, सोमवार = १, मंगळवार = २, बुधवार = ३, गुरुवार = ४, शुक्रवार = ५, शनिवार = ६.

आता मंगळवार नंतर दोन दिवसांनी कोणता वार येतो, सांगा पाहू? तर मंगळवार + २ = गुरुवार. बुधवारनंतर तीन दिवसांनी कोणता वार येतो बरे? बुधवार + ३ = शनिवार. जर मंगळवार = २ आणि गुरुवार = ४ टाकले तर वरील पहिली बेरीज : मंगळवार + २ = गुरुवार म्हणजेच $2 + 2 = 4$.

तसेच बुधवार = ३ आणि शनिवार = ६ टाकले तरीही दुसरी बेरीज नेहमीच्याच बेरजेसारखी होते.

पुढचा प्रश्न: मंगळवार आधी कोणता वार, तर मंगळवार - १ = सोमवार या ठिकाणीही मंगळवार = २ आणि सोमवार = १ टाकले हे समीकरण $2 - 1 = 1$ असे दिसते. अगदी योग्य बेरीज - वजाबाकी होतेय की! वाह! एक बरी दिसणारी संहती (system) बनली!

या संहतीमध्ये ०, १, २,...., ६ असे सात आकडे आहेत.

या संहतीला वा सिस्टिमला 'बरी' असे म्हटले यामागे एक कारण आहे. एरवी $6 + 5 = 11$ होतात. पण आपल्याकडे ११ हा आकडाच नाही! आता काय

करायचे? पण हे आठवा, की वरचे आकडे खरेखुरे आकडे नाहीत तर दिवसांचे वार आहेत. ११ वा वार म्हणजे कितवा वार हे इथे सरळ सरळ कळत नाही. बेरीज जर ६हून जास्त असेल किंवा वजाबाकी ० हून कमी, तर वरील पद्धतीने मोजणे शक्य होत नाही. कारण ६हून मोठा आकडा आपल्याकडे नाही आणि शून्याहून लहान अंक नाही. कारण काय, तर आपल्या सिस्टिमला ०, १, २,..., ६ इतकेच अंक माहीत आहेत.

यावर काय करावे? यावर एक नैसर्गिक उपाय म्हणजे वार मोजणे! म्हणजे पुढीलप्रमाणे: जर गणपती सोमवारी बसले, तर गणेश विसर्जन कोणत्या वारी येईल? तुम्ही म्हणाल की बुधवारी असेल कारण सोमवार नंतर १० दिवसांनी गणपती उठतात. म्हणजेच सोमवार + १० असा इथे हिशेब आहे. आपल्या भाषेत हा हिशेब '१ + १० = ११' असा होतो. आणि उत्तर आले बुधवार = ३. म्हणजेच ११ = बुधवार.

अशीच इतर उदाहरणे म्हणजे मंगळवारनंतर पाच दिवसांनी कोणता दिवस येईल, तर रविवार. म्हणजे २ + ५ = ०. मंगळवारनंतर सहा दिवसांनी कोणता दिवस येईल तर सोमवार म्हणजेच २ + ६ = १. या बेरजा करत बसले तर आकृती १. मधील बेरजेचा तक्ता बनवता येईल.

या तक्त्यामध्ये पाहिले की लक्षात येते की केवळ ०, १,..., ६ हेच आकडे

०	१	२	३	४	५	६
१	२	३	४	५	६	०
२	३	४	५	६	०	१
३	४	५	६	०	१	२
४	५	६	०	१	२	३
५	६	०	१	२	३	४
६	०	१	२	३	४	५

आकृती १ : बेरजेचा तक्ता

वापरून आपण बेरीज केली आहे. बेरजेचे महत्वाचे नियम म्हणजे $अ + ० = ० + अ$ किंवा $अ + (ब + क) = (अ + ब) + क$ हे या सिस्टीममध्ये पाळले जातात.

विधान १: बेरजा करण्याचा सोपा उपाय म्हणजे संख्यांची बेरीज करायची आणि ती साताहून मोठी असेल तर सातने भाग लावून केवळ बाकी घ्यायची.

या सिस्टीममध्ये वजाबाकी करता येते का, हे आता पाहू. त्यासाठी एखाद्या संख्येची ऋण संख्या म्हणजे काय ते शिकूयात. म्हणजे -१, -२, -३, -४, -५, -६ याचा अर्थ काय हे पाहूयात.

दिवसाच्या वारांची वजाबाकी करणे

ऋण संख्येचा अर्थ काय असतो? -१ म्हणजे अशी संख्या की जी १ मध्ये मिळवली असता उत्तर शून्य येते. बरोबर? इतर संख्यांचेही असेच आहे. म्हणजे $१ + (-१) = ०$ इत्यादी.

आपल्याकडे शून्य आहेच. आता -१ शोधू. म्हणजेच, ०, १, २,....., ६ मधील अशी संख्या शोधू की जी १ मध्ये मिळवल्यावर शून्य उत्तर येईल. नि बेरीज करताना वरील विधान १ प्रमाणे करायची आहे. तर वरचे कोष्टक पहा. एकात सहा मिळवले किंवा सहात एक मिळवला की उत्तर शून्य येते. त्यामुळे या सिस्टीम मध्ये -१ = ६ होतात!

असाच शोध घेतला की कळेल :

$$-० = ०, -१ = ६, -२ = ५, -३ = ४, -४ = ३, -५ = २, -६ = १.$$

आहे की नाही मजा! सारे आकडे कसे मजेशीर वागताहेत! ते असे का वागताहेत याचे कारणही आहे. ते असे की या नैसर्गिक संख्या नाहीतच, तर वेगळ्या स्वरूपातील आठवड्याचे वार आहेत.

आता वजाबाकी कशी करायची? सोपे आहे! कारण 'वजाबाकी' असे स्पेशल ऑपरेशन खरे तर गणितामध्ये नाही. गणितामध्ये १ - २ म्हणजे काय,

$$\text{तर } १ + (-२) \text{ होय.}$$

थोडक्यात काय तर दोन संख्यांची वजाबाकी म्हणजे एकीमध्ये दुसरीची ऋण किंमत मिळवणे होय!

त्यामुळे जर ऋण संख्या असतील तर वजाबाकी करता येते. आपल्याकडे सर्वांच्या ऋण किंमती आहेत नि बेरीजही आहे. त्यामुळे आपल्या सिस्टीममध्ये वजाबाकीही करता येते! जसे $१ - २ = १ + (-२) = १ + ५ = ६$.

वारांच्या भाषेत बोलायचं, तर १-२ म्हणजे 'सोमवारच्या दोन दिवस आधी कोणता वार येतो' तर शनिवार = ६! सेम सेम उत्तरे!

(पहिल्या वाचनात पुढचे दोन विभाग वगळून थेट वापराबद्दल वाचलेत तरी चालेल.)

दिवसाच्या वारांचा गुणाकारही करता येतो.

धनपूर्णांक संख्यांमध्ये गुणाकार बेरजेच्या भाषेत लिहिता येतो. कसा तर:

$$२ \text{ गुणिले } ४ = २ + २ + २ + २ = ४ + ४ \text{ अथवा}$$

$$\text{अ गुणिले ब} : = \text{अ} + \text{अ} + .. \text{'ब' वेळा} \\ = \text{ब} + \text{ब} + ... \text{'अ' वेळा}$$

हीच युक्ती आपण आपल्या गुणाकारासाठी वापरू शकतो. आपल्या सिस्टीममध्ये 'ऋण गिळलेय'.

०	१	२	३	४	५	६
१	१	२	३	४	५	६
२	२	४	६	१	३	५
३	३	६	२	५	१	४
४	४	१	५	२	६	३
५	५	३	१	६	४	२
६	६	५	४	३	२	१

आकृती २ : गुणाकाराचा तक्ता

सारांश असा की (०, १, २, ३, ४, ५, ६) या संचावर आपण नित्याच्या बेरीज-वजाबाकी - गुणाकार या क्रिया थोडाफार बदल करून वापरल्या की बे-व-गु या सर्व क्रिया नि त्यांचे महत्त्वाचे गुणधर्म पाळणारी नवी सिस्टीम तयार होते. चाणाक्ष वाचकांच्या लक्षात आलेच असेल की इथे सात हा आकडा महत्त्वाचा नाही. (०, १, ..., κ) असा कोणताही पूर्णांक संख्यांचा संच घेतला तरी ही सूत्रे चालतील.

सारांश

स्पर्धा परीक्षांचा अभ्यास करताना बुद्धिमत्ता चाचणी केलेल्यांना लक्षात आले असेल की दिवस-वार यांची गणिते सोडवण्याची जी पद्धत आहे, साधारणतः तिच्याचवर मी बोललोय. या चर्चेमध्ये 'आठवडा' ही संकल्पना महत्त्वाची नाही.

समजा, प्रत्येक महिन्यात ३० दिवस आहेत. आज १ जानेवारी असेल, तर आजपासून ५००व्या दिवशी कोणती तारीख येईल? काय आहे उत्तर? २.

हे गणित सोडवायला तुम्ही ५०० ला ३० ने भागता आणि शिल्लक राहिलेल्या बाकीला तारीख म्हणता. वारांची बेरीज - वजाबाकी - गुणाकार करताना मीही हेच केलंय. तीस दिवसांच्या महिन्याच्या उदाहरणात (०, १, २, ..., २९) ह्या संचासाठी वरच्याप्रमाणे गुणाकार-बेरजेचा

तक्ता बनवता येईल. अशाच पद्धतीने, ०, १, २, ३, ... पैकी कोणतीही संख्या 'क्ष' घेतली तर गुणाकार - बेरजेचा वरीलप्रमाणे तक्ता बनवता येतो. (०, १, ..., κ) हा संच आणि बेरीज - गुणाकार - वजाबाकी करणाऱ्या या सिस्टिमला गणितामध्ये "finite cyclic ring of order κ " असे म्हणतात. तिच्यासाठी $Z/\kappa Z$ हे चिन्ह वापरतात*. आपण ring साठी 'अंगठी' शब्द वापरू, तर ही 'क्ष' संख्यांची सांत = स + अंत (finite) चक्रीय अंगठी आहे.

जर गुणाकार केला नाही, केवळ बेरीज-वजाबाकी केली, तर या सिस्टिमला गणितामध्ये 'finite cyclic group of order κ ' म्हणतात, नि $Z/\kappa Z$ याच चिन्हाने दर्शवतात. आपण group साठी संघ शब्द वापरू.

याचा वापर कुठे होतो?

यांचा वापर केवळ बुद्धिमत्ता चाचणीसाठी होतो? खासच नाही! मूलभूत गणितामध्ये अतिशय महत्त्वाच्या अशा ह्या संकल्पना आहेत. संख्याशास्त्रामध्ये (Number theory) पूर्णांकासाठी जर एखादा प्रश्न सोडवायचा असेल तर बऱ्याचदा ताळा म्हणून आधी तो प्रश्न या सांत चक्रीय सिस्टिम्स मध्ये सोडवून पाहतात. पूर्णांकांमध्ये अनंत संख्या असल्याने मोजणी करणे अवघड असते.

इथे मात्र सात संख्याच असतात. त्यामुळे आकडेमोड सोपी पडते.

कम्प्युटिंग वा डिजीटल इलेक्ट्रॉनिक्स मधील (०, १) हा संच घ्या. १ म्हणजे फुल सिग्नल नि ० म्हणजे शून्य सिग्नल. इथे $0 + 0 = 0$, $1 + 0 = 0 + 1 = 1$ असते पण $1 + 1 = 0$ का? हा प्रश्न जर स्वतःला कधी विचारला असेल तर या लेखात त्याचे उत्तर आहे. कारण (०, १) या संचाला गणितीय दृष्ट्या इथे finite cyclic group of order २ म्हणजेच $Z/2Z$ म्हणून पाहतात नि सिग्नल प्रोसेसिंग करतात. त्यामुळे एरवी $1 + 1 = 2$ पण $Z/2Z$ मध्ये $2 = 0$ होतो!

गणित नि भौतिकशास्त्रातील एक अतिशय महत्त्वाचा वापर म्हणजे, सुसम बहुभुजाकृतीस 'अ' बाजू असतील तर

$Z/2Z$ हा तिच्या काही सिमेट्रीज (समरूपता) देतो.

तर अशी आहे ४८ नंतर १ येण्याची कहाणी. बेरजा - वजाबाक्या (०, १, २, ३, ४, ..., ४८) याच संचावरही करता येतात, पण मला नि माझ्या आईला तेव्हा हे माहिती नव्हते! आईला ते माहित असते, तर माझ्या कितीतरी शिक्षा वाचल्या असत्या! आजकाल माझ्या छोट्या पुतण्याचा अभ्यास आई घेते. आणि तो बिचारा गडबडून १० नंतर पुन्हा '१' म्हणतो तेव्हा त्याला ती ओरडण्यापूर्वीच मी म्हणतो, "अगं, काय विद्वान आहे हा! आताच $Z/11Z$ मध्ये मोजदाद करतोय!"



लेखक : रोहित होळकर, गणितज्ञ, फेडरल युनिव्हर्सिटी ऑफ सांता कतरीना, ब्राझिल.

संदर्भची नवी वेबसाईट पाहिलीत का? sandarbhsociety.org

आता यावर भरपूर अंक वाचायला उपलब्ध आहेत.
तुम्ही तुमच्या आवडीच्या विषयानुरूप लेख शोधू शकता.

बुरशीने आणली जमिनीवर बहार

लेखक : माधव गाडगीळ • अनुवाद : यशश्री पुणेकर

बुरशी आणि बहार? काहीतरी विचित्र वाटतंय ना? किती परस्पर विरोधी वाक्य आहे. बुरशीला आपण तुच्छ समजतो पण खरंतर जमिनीच्या खाली वनस्पतीच्या मुळांशी सहयोग करून बुरशीनेच या भूतलावर सजीवांच्या



नव्या युगाचा पाया रचला आहे.

प्रत्येक व्यक्तीच्या जीवनात, प्रत्येक समाजाच्या इतिहासात प्रगती आणि अधोगती, सहयोग आणि संघर्ष असे चढउतार येतच असतात. अशाच काही सकारात्मक आणि काही नकारात्मक घटनांचे चक्र जैव विकासादरम्यान (उत्क्रांती) घडताना दिसते. पहिले सजीव पाण्यात निर्माण झाले हे तर माहितीच आहे पण सजीवांचा

जमिनीवर प्रवेश हे वाढत्या सहयोगाचे फलित होते. पावणे चार अब्ज वर्षांपूर्वी समुद्र तळाशी ज्या गंधयुक्त आणि ऑक्सिजनरहित पाण्यात जीव निर्माण झाले होते, ते पाणी आपल्यासाठी विषासमान आहे. पण तिथेच अब्जावधी वर्षांपर्यंत सरळसाधी शरीर रचना असलेले जीवाणू सुखाने राहत होते.

यातील सायनोबॅक्टेरिया नावाच्या जीवाणूंनी प्रकाश ऊर्जेचा वापर करून अन्न

बनवणं सुरु केलं. या प्रक्रियेत पाण्यातील ऑक्सिजन मुक्त होऊ लागला आणि त्याचं प्रमाण वाढतच गेलं. ऑक्सिजनच्या तीन अणुंच्या संयोगाने तयार झालेला ओझोन सूर्य प्रकाशातील अतिनील किरण शोषून घेऊ लागला. परिणामी हळूहळू अशी परिस्थिती आली की उथळ पाण्यातील आणि जमिनीवरील जीवन या घातक किरणांपासून सुरक्षित झालं.

जसजसं ऑक्सिजनचं प्रमाण वाढत गेलं तसतसे अधिक प्रगत जीव निर्माण होऊ लागले. समुद्राचं पाणी जीवनासाठी खूप अनुकूल असतं त्यामुळे या सजीवांनी तिथे चांगलेच पाय पसरले. त्यांची व्याप्ती वाढतच गेली, इतकी की सुमारे ४५ कोटी वर्षांपूर्वी पुढच्या टप्प्यातील जीव पाण्याबाहेर डोकावू लागले.



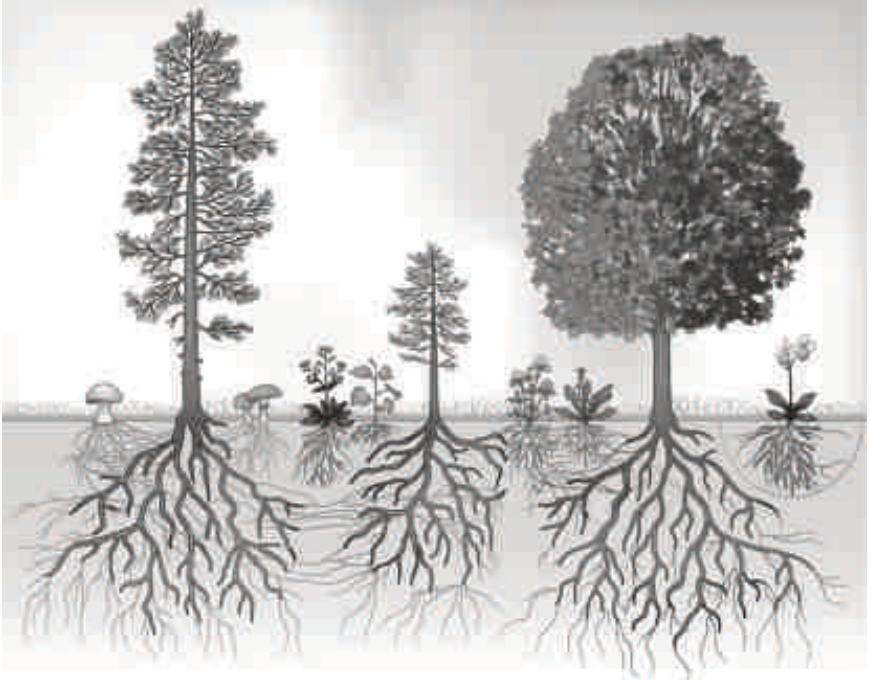
चित्र १ - बुरशीचे बीजाणू अशाच छत्र्यांमधून बाहेर पडतात. काही प्रजातीच्या बुरशीचा हाच भाग आपण खातो. पण बुरशी अनेक प्रकारची असते - भिंतीवर पडलेले काळे डाग, पानांवरचा पांढरा थर, सडलेल्या फळावरचा हिरवट पापुद्रा आणि सूक्ष्मदर्शकाखाली दिसणारे अनेक जीवाणू

समुद्रातून जमिनीवर

जमिनीवर आल्यावर या सजीवांना अनेक आव्हानांना तोंड द्यावं लागलं. समुद्रात जीवाणूंचा आणि एकपेशीय शैवालांना प्रकाश ऊर्जेचा वापर करून जैविक उत्पादन करताना पाण्यातील पोषक खनिज शोषून घेणं सहज शक्य होतं. तिथे त्यांना गुरुत्वाकर्षणाची भीती नव्हती. पण जमिनीवर वनस्पतींना पाण्याच्या आधाराशिवाय उभं राहायचं होतं. प्रकाशाची ऊर्जा मिळवण्याबरोबरच मातीतून पोषक द्रव्य शोषून घ्यायची होती. इतर

वनस्पतींच्या स्पर्धेत टिकून राहण्यासाठी मजबूत शरीराची गरज होती. पानातून प्रकाश ऊर्जेच्या साह्याने अन्न तयार करण्याकरता मुळांनी शोषलेलं पाणी आणि पोषक द्रव्य पानापर्यंत अधिक उंचीवर पोचवणं गरजेचं होतं. आणि पुन्हा पानाने बनवलेली शर्करा सगळ्या शरीरभर पुरवायची होती.

शर्करेच्या अणूंच्या गुंतागुंतीच्या रचनेमुळे बनलेले सेल्युलोज आणि हेमीसेल्युलोज गवत आणि फुलांना पुरेसा आधार देतात पण मोठ्या आकाराच्या



चित्र २ - पृष्ठभागाच्या खाली बुरशी जाळीसारखी पसरलेली असते. त्याचे पातळ धागे सूक्ष्म असतात. वरती वेगवेगळ्या बुरशी दिसतात पण यातील अनेक जमिनीखाली एकमेकींशी जोडलेल्या असतात.

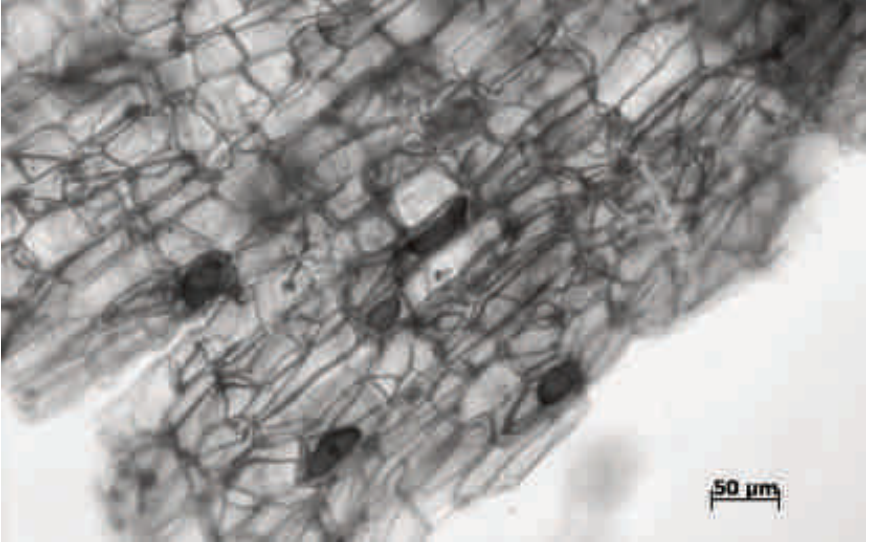
वृक्षांना मात्र आधारासाठी मजबूत लाकडाची आवश्यकता असते. यासाठी जैव उत्क्रांती दरम्यान अल्कोहोलच्या अणूंपासून लिग्निन निर्माण होऊ लागलं. मजबूती देणाऱ्या सेल्युलोज, हेमीसेल्युलोज आणि लिग्निनच्या अणूंचं पचन मात्र जीवाणू किंवा सूक्ष्मजीव करू शकत नाहीत. हे तीन पदार्थ निसर्गाच्या चक्रात खूपच धीम्या गतीने विघटीत होतात. याच कारणास्तव या तिघांचे अणू सर्वाधिक आढळतात. जैव विकासाच्या प्रवासात याच स्रोताचा उपयोग जास्त प्रमाणात केला गेला. पण या सगळ्या प्रक्रियेत सहभागी असणाऱ्या जीवाणू आणि वनस्पतींपेक्षाही याचा फायदा त्रयस्थ अशा बुरशीनेच घेतला.

करामती बुरशी

वनस्पतींप्रमाणेच बुरशीसुद्धा एकाच जागेवर स्थिर असते. पण बुरशीची शारीरिक रासायनिक जडणघडण मात्र प्राण्यांसारखी असते. यातील महत्त्वाचा समान धागा म्हणजे दोघांच्याही शरीरात कायटीन नामक पदार्थ असतो. सेल्युलोजप्रमाणेच शर्करेच्या अनेक अणूंपासून कायटीन निर्माण होते. पण बुरशीच्या कायटीनमध्ये नायट्रोजनयुक्त अणुही असल्याने ते वेगळे ठरते. जमिनीवर टिकाव धरू शकलेले विंचू, खेकडा इत्यादी प्राण्यांचे कवच आणि बुरशीचे कवच दोन्ही कायटीनचेच बनलेले असते. याच आवरणामुळे बुरशी स्वतःच्या शरीरात पाणी

साठवू शकते आणि अतिशय शुष्क वातावरणातही टिकाव धरते. बुरशीकडे इतर कोणत्याही सजीवांपेक्षा एक निराळे असे वैशिष्ट्य आहे. बुरशी लिग्निनचे विघटन करून ती निसर्ग चक्रात पुन्हा उपलब्ध करून देऊ शकते.

पण बुरशीचे खरे आणि महत्त्वाचे वैशिष्ट्य हे की ती वनस्पतींशी अनेक प्रकारे सहयोग करून त्यांना जमिनीवर घट्ट पाय रोवायला मदत करते. वनस्पतींना जगण्यासाठी आणि वाढण्यासाठी पाणी, नायट्रोजन, फॉस्फरस आणि अल्प प्रमाणात झिंक, मॉलिब्डेनम सारखी खनिजे आवश्यक असतात. झाडांची मुळे ही सगळी रसद शोषण्याचा अखंड प्रयत्न करत असतात पण ते तितकं सोपं नाही. एकतर हे सगळे घटक कमी प्रमाणात उपलब्ध असतात आणि विखुरलेले असतात. त्यांना शोधून शोषून घेण्यासाठी मुळांना जमिनीत खूप खोल आणि दूरवर जावं लागतं. यासाठी जास्त पृष्ठभागाची गरज असते. शोषण्याचं काम कुशलतेने करावं लागतं पण मुळांना काही मर्यादा असतात. मुळांना अधिक सूक्ष्म होता येत नाही आणि त्यामुळे पृष्ठभाग मर्यादित राहतो. या उलट बुरशीचे कायटीनयुक्त आवरण असलेले तंतू खूप सूक्ष्म असतात. त्यांच्या पृष्ठभागाचे क्षेत्रफळ अधिक असते. लाकडासारखे इतर पदार्थ, जमिनीवर पडलेली पाने इत्यादीचे विघटन करून त्यातून पोषक



चित्र ३ - काही बुरशीचे प्रकार मुळांच्या पेशींमध्ये राहतात.
इथे दाखवलेली बुरशी पेशींच्या आत पर्यंत पोचलेली दिसते आहे.

द्रव्य शोषून घेण्यात बुरशी पटाईत असते. त्याच मुळे बुरशीचे पातळ सूक्ष्म धागे पाणी आणि खनिज शोषण्यात झाडांच्या मुळांपेक्षा अधिक सक्षम असतात. अगदी कोरड्या वाटणाऱ्या जमिनीतूनही बुरशीचे धागे पाणी शोषून घेऊ शकतात.

वनस्पतीच्या मुळांना क्षारीय जमिनीतून फॉस्फरस शोषून घेणे शक्य नसते पण बुरशी हे काम अगदी सहजपणे करते. हवेतील नायट्रोजनचा उपयोग वनस्पती करू शकत नाहीत आणि बुरशीही करू शकत नाही पण बुरशी हवेतील नायट्रोजनचे रूपांतर कार्बोनिक नायट्रोजन मध्ये करणाऱ्या जीवाणूंची संधान बांधते. या शिवाय जमिनीत राहणाऱ्या कीटकांची शिकार करून बुरशी वनस्पतींना

कार्बोनिक नायट्रोजन उपलब्ध करून देते. या सगळ्या कामासाठी बुरशीला शर्करा ऊर्जेची गरज असते. पानात तयार झालेली शर्करा मुळांपर्यंत पोचतेच. बुरशी हीच शर्करा मुळांकडून मिळवते आणि त्या बदल्यात वनस्पतींना पाणी आणि खनिज द्रव्य देते. ही देवाणघेवाण दोघांनाही फायद्याचीच असते.

वनस्पती आणि बुरशी दोघांचाही जन्म समुद्राच्या पाण्यात शेंसव्वाशे कोटी वर्षांपूर्वी झाला. पण सुमारे ४५ कोटी वर्षांपूर्वी सजीव सृष्टीने जमिनीवर पाय ठेवल्यानंतरच वनस्पती आकाराने मोठ्या झाल्या, बहरू लागल्या. त्यांच्या बरोबरच बुरशीचीही प्रगती झाली. तसं म्हटलं तर दोघांनाही एकमेकांच्या

सहकार्याची जाणीव झाली होती. याचा अर्थ असा की वनस्पती आणि बुरशी दोघांनाही वाढण्यासाठी, बहरण्यासाठी एकमेकांना पूरक भूमिका फायदेशीर ठरली आणि हळूहळू, करोडो वर्षांच्या प्रवासात सहजीवनाची ही प्रणाली विकसित झाली.

वर्तमानकाळात ८०% वनस्पतींच्या मुळांशेजारी बुरशी आढळते. बीजातून झाडाचा अंकुर जमिनीवर येतो आणि मुळं जमिनीत खाली जातात तेव्हाच बुरशीची वाढ मुळाभोवती सुरु होते. तिचे पातळ तंतू तिथे आपलं जाळं पसरवायला लागतात. शर्करा आणि पाणी तसंच खनिज द्रव्याची देवाणघेवाण सुरु होते. पुढे हे तंतुजाल इतकं पसरतं की दुसऱ्या वनस्पतीच्या मुळाशी जोडलं जातं. या तंतुजालाच्या माध्यमातून वनस्पतीही एकमेकींशी पाणी आणि खनिजाची देवाणघेवाण करतात आणि आपलं जीवन मजबूत करतात. याच सहजीवनाच्या बळावर जमिनीवर जीवसृष्टी भक्कमपणे उभी आहे.

याचा अर्थ असा नाही की बुरशी आणि वनस्पतीचा संबंध फक्त मैत्रीचाच आहे. परजीवी बुरशी कित्येक वेळेला वनस्पतीमध्ये रोग निर्माण करतात आणि त्यांच्या मृत्यूला कारणीभूत ठरतात. पण सहजीवनाच्या तुलनेत याचं प्रमाण नगण्य असतं. आपलं जीवन वनस्पतींवर अवलंबून आहे आणि वनस्पती बुरशीच्या आधारे उभ्या आहेत.



आपण बुरशीला तुच्छ मानतो. घाणेरडी आणि गलिच्छ म्हणतो हे किती चुकीचं आहे. गलिच्छ दिसणाऱ्या या बुरशीनेच सहजीवनाचा नवा पायंडा पाडून उत्क्रांतीमध्ये मोठा पल्ला गाठला आहे आणि सजीवांच्या इतिहासात एका नव्या आणि गौरवशाली अध्यायाची सुरुवात केली आहे.

स्रोत फीचर्सच्या एप्रिल २०१५ च्या अंकातून साभार



लेखक : **माधव गाडगीळ**, हार्वर्ड विद्यापीठातील पी एच डी नंतर १९७३ ते २००४ या काळात भारतीय विज्ञान संस्थान बेंगळूरू इथे पर्यावरण शास्त्रात संशोधन. जैव-विकास, कॉन्जर्वेशन बायोलॉजी, ह्यूमन इकोलॉजी आणि नैसर्गिक संसाधन व्यवस्थापन तसंच पर्यावरणीय इतिहास हे त्यांच्या आवडीचे विषय आहेत. पर्यावरण संरक्षणात त्यांचे विशेष योगदान आहे.

हिंदी अनुवाद : **अरविंद गुप्ते**, प्राणीशास्त्र विषयात उच्च शिक्षणात अध्यापन, उज्जैन इथे प्राचार्य म्हणून काम, १९९७ मध्ये प्रशासन अकादमी भोपाल मधून निवृत्त. एकलव्यच्या शैक्षणिक कार्यक्रमात अनेक वर्षांपासून सहभागी.

मराठी अनुवाद : **यशश्री पुणेकर**

उष्मगतिकी

भाग ३

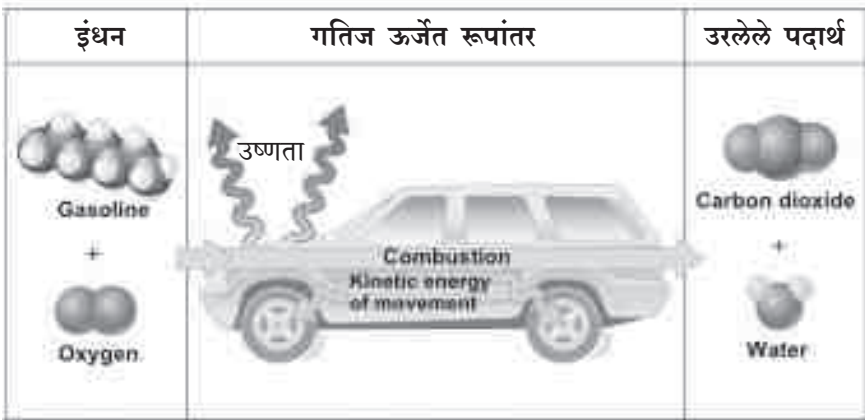
लेखक : फ्रँक लॅबर्ट • रूपांतर : नीलिमा सहस्रबुद्धे

एखादी रासायनिक क्रिया सुरू होण्यासाठी एक बाह्य ऊर्जा आवश्यक असते, तिला activation energy म्हणतात हे आपण गेल्या अंकात पाहिले. उदा. कागद किंवा लाकूड हवेत आपोआप जळतात, पण सुरुवातीला ते पेटवायला लागतात. याचा आपण रोजच्या व्यवहारात खूप उपयोग करून घेतो. म्हणजे, उष्मगतिकीच्या भाषेत - थोडीशी ऊर्जा मुद्दाम घ्यायची आणि त्यानंतर सुरू होणाऱ्या ऊर्जाप्रवाहाचा उपयोग करून घ्यायचा.

आपण एक उदाहरण पाहूया.

आपण एखाद्या स्कूटरचे किंवा ट्रकचे इंजिन चालू करतो, तेव्हा काय होते?

पेट्रोल किंवा डीझेल आणि हवा यांचे मिश्रण वापरले जाते. इंधनात भरपूर ऊर्जा असते, हवेत ऑक्सिजन असतो. हे मिश्रण भरपूर दाबाखाली असते. ते पेटायला एक लहानशी ठिणगी तेवढी हवी असते. ती मिळाली की हे मिश्रण पेटून CO_2 आणि H_2O तयार होतात, ते प्रसरण पावणाऱ्या तप्त वायूरूपात असतात. हेच वायू इंजिनचा



दट्ट्या ढकलतात. हा दट्ट्या पुढे चाके फिरवतो. या वायूंची शक्ती कमी झाल्याबरोबर ते बाहेर टाकले जातात.

म्हणजेच इंधनात साठवलेली ऊर्जा इतरत्र पाठवण्यासाठी/वापरण्यासाठी ठिणगीच्या स्वरूपात activation energy पुरवली जाते. इंधन वापरणाऱ्या इतरही सर्व वाहनात किंवा यंत्रामध्ये याच पद्धतीच्या क्रिया होत असतात. जैवरासायनिक क्रियादेखील याच प्रकारच्या असतात, मात्र इथे अन्न आणि ऑक्सिजन यात एकवटलेली ऊर्जा वापरायला लागणाऱ्या ऑक्सिकरण क्रिया अत्यंत सूक्ष्म आणि नियंत्रित असतात.

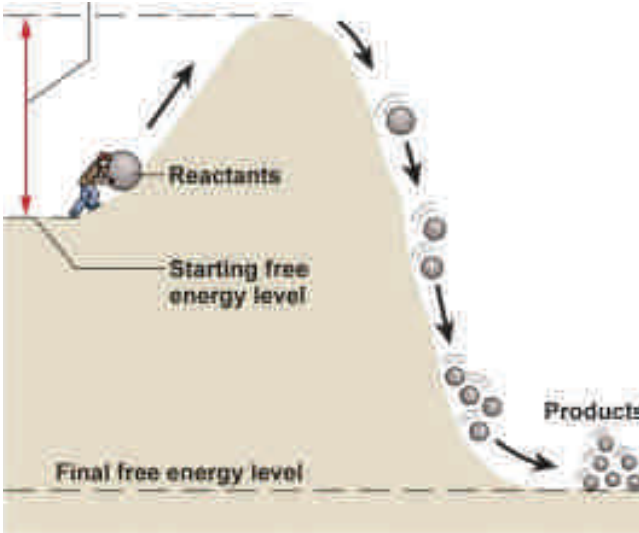
उष्मगतिकीचा नियम सांगतो की जिथे जिथे ऊर्जा एकवटलेली आहे, (इंधन, तेल,

पेट्रोल, डीझेल, कोळसा, लाकूड इ... किंवा अन्न), तिथून ती कमी उर्जेच्या दिशेने जायचा प्रयत्न करणार. त्यातला Ea - activation energy हा अडथळा दूर केला की वाहण्याची सुरवात होणार. CO_2 आणि H_2O यांच्यात इंधनापेक्षा ऊर्जा कमी असते. म्हणजे इंधन जाळून त्यापासून उष्णता, CO_2 आणि H_2O तयार होऊ शकतात. ऊर्जा वाहू लागते. ही सर्वच काही आपल्याला वापरता येत नाही. मात्र या ऊर्जावहनातला जास्तीत जास्त वाटा वापरून घेण्याचा प्रयत्न आपण करतो आणि विविध प्रकारची वाहने, यंत्रे, विद्युत जनित्रे वगैरे चालवतो. आपले शरीरसुद्धा अन्नातली जैवरासायनिक ऊर्जा वापरून सर्व हालचालींसाठी किंवा

मानसिक-बौद्धिक क्रियांसाठी लागणारी रसायने बनवत असते.

एक लक्षात ठेवायला हवे. एका रूपातली ऊर्जा दुसऱ्या रूपात नेताना, सगळीच्या सगळी नेता येत नाही. थोडासा भाग वाया जातोच. जे अणू वेगाने हालचाली करतात,

रासायनिक क्रिया सुरू करण्यासाठी आवश्यक असलेला बाह्य धक्का



त्यांच्यामुळे काही ऊर्जा उष्णतेच्या रूपात वातावरणात वाया जातेच. आपले शरीर विशिष्ट तापमानाला ठेवण्यासाठी याच उष्णतेचा उपयोग होत असतो.

दर वेळी एखादे इंजिन (स्कूटरचे/ मोटारचे) चालू केले की पेट्रोलमध्ये ठिणगी पडते, त्याची ऑक्सिजनबरोबर प्रक्रिया होते, तस वायू निर्माण होतात, ते दट्ट्या दाबून चक्रे फिरवतात. हे चक्र चालूच राहते... इंजिन बंद करेपर्यंत. ऊर्जेचे हे वहन / रूपांतर नेहमीच आपण वापरतो.

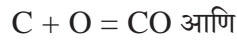
अगदी या क्षणाला अशा अनेक क्रिया चालू असतील. कोळसा, तेल किंवा पेट्रोल / डीझेल वापरून अनेक वाहने / यंत्रे चालू असतील. खाणींमध्ये खनिज काढण्याचे काम चालू असेल, ते शुद्ध करून त्यापासून धातू तयार होत असेल. आणि हे सर्व करताना एका बाजूला सतत उष्णता तयार होऊन वातावरणात पसरत राहिली असेल.

खनिजापासून आपल्याला हवा तो धातू तयार करताना प्रत्येक पायरीला ऊर्जेचे वहन (एकवटलेल्या स्थितीतून विखुरलेल्या स्थितीकडे) आवश्यक आहे. त्यासह उष्ण वाफ आणि CO_2 यांचे उत्सर्जनदेखील टाळता येत नाही. हे सगळे खनिज कारखान्यांपर्यंत आणण्यासाठी लागणारी वाहतूक, त्यासाठी लागणारे मनुष्यबळदेखील आहेच. शिवाय खनिजापासून धातू करायचा तर तिथेही विखुरलेली ऊर्जा संपृक्त करायला

लागते. उदा. लोहभस्मापासून लोह तयार करताना. FeO ते Fe . लोहाच्या अणुबंधात लोहभस्मापेक्षा जास्त ऊर्जा असते. ही उर्जादेखील काही रासायनिक क्रियांमध्ये घडणाऱ्या ऊर्जावहनातून मिळवली जाते.

कोळशातला C आणि हवेतला O_2 यांची सहज क्रिया अतितप्त CO निर्माण करते. हा CO लोहभस्मासह क्रिया करून लोह आणि CO_2 तयार होतो. ही क्रिया मात्र सहज /spontaneous नाही. इथेही खूपशी ऊर्जा उष्णतेच्या रूपाने वाया जाईलच. साधारण टनभर कोळसा, दोन टन खनिजाबरोबर भट्टीत टाकल्यावर, १००० अंश तापमानाला चार टन हवा वापरली जाते आणि १ टन लोह तयार होते. ६ टन तप्त वायू बाहेर सोडले जातात. ते पुन्हा वापरणे अवघड असते.

यातल्या २ क्रिया सहज / spontaneous आहेत.



पण $\text{FeO} + \text{CO} = \text{Fe} + \text{CO}_2$ ही मात्र सहज क्रिया नाही. दोन सहजक्रियातून ऊर्जा मिळवून ती तिसरी क्रिया घडवून आणण्यासाठी वापरावी लागते.

■■

<http://secondlaw.oxy.edu/two.html#time>
वरून साभार

लेखक : फ्रँक लॅंबर्ट

रूपांतर : नीलिमा सहस्रबुद्धे

पैलू सम-विषम वाहतूक नियंत्रणाचे

लेखक : सुजित पटवर्धन

दिल्लीमध्ये १ जानेवारी २०१६ पासून सम-विषम (odd-even) वाहतूक नियंत्रणाचा प्रयोग राबवण्यात आला आणि आपल्या सर्वांचेच लक्ष त्याने वेधून घेतले. ही पद्धत कितपत योग्य आहे? ती अंमलात आणणे शक्य आहे का? त्याच्याव्यतिरिक्त काही करता येईल का? हवेच्या प्रदूषणामध्ये वाहनांमुळे किती भर पडते? इतर प्रदूषणाचे घटक कोणते आहेत? सार्वजनिक वाहतूक तर सुधारायला पाहिजेच, पण त्याव्यतिरिक्त काही करता येईल का? असे अनेक प्रश्न यानिमित्ताने समोर आलेले आहेत. या प्रश्नाबद्दल जाणून घेण्यासाठी, परिसर या संस्थेचे संस्थापक सुजित पटवर्धन यांची मांडणी पाहूया.

कोणतीही गोष्ट करण्यापूर्वी ती शक्य आहे का याआधी ती योग्य आहे का याबद्दल समजून घेतले पाहिजे. उदा. सिगारेट ओढणे - आता जगामध्ये सगळीकडे सार्वजनिक जागी सिगारेट ओढणे बंद झालेले आहे. पण सुरुवातीला ते बंद होईल असे कोणालाच वाटले नव्हते. लोकांना सिगारेट ओढण्याची एवढी सवय आहे, तर ते बंद करणारच नाहीत, ऐकणारच नाहीत अशी समजूत

होती. पण ऐकणार नसले तर ते ठीक आहे का? अशा वेळी आपली भूमिका अशी स्पष्ट पाहिजे की सिगारेटमुळे आरोग्याला काही त्रास होतो का? तर होतो. म्हणजे ते बरोबर नाही. सिगारेट ओढणे हे आरोग्याला हानीकारक आहे, तेव्हा ते बंद झाले पाहिजे. एखादी गोष्ट चांगली नाही तेव्हा ती बंद व्हायला हवी, ते करणे सोपे आहे किंवा नाही यावर आपण निर्णय घेता कामा नये.

सम-विषम वाहतूक नियंत्रण हा स्वतंत्र निर्णय आहे, की एका मोठ्या धोरणाचा भाग आहे, हे आपण समजून घेतलं पाहिजे. वाहतुकीच्या प्रश्नावर उत्तर शोधण्याच्या प्रयत्नांचा तो एक भाग आहे. खाजगी वाहनांना रस्त्यावर येण्यापासून परावृत्त करण्याच्या मोहिमेचा तो एक भाग आहे. भारतात याची पहिली सुरुवात दिल्लीमध्ये केलेली आहे आणि पहिल्यांदा असे मान्य केले आहे की खाजगी वाहने ही अडचण आहे.

ज्या प्रमाणात रस्त्यांच्या सुविधा आहेत त्याच्या असंख्य पटीने वाहने रस्त्यांवर येताहेत. कदाचित गरज नसताना येत आहेत. एका वाहनातून (मोटर) चार जण जाऊ शकत असतील, तर त्याऐवजी एकच माणूस जातो आहे. खरं पाहता वाहन (चारचाकी/ दुचाकी) हे मला जिथे जावंसं वाटेला तिथे, जेव्हा जावंसं वाटेला तेव्हा आणि पटकन जाता यावं यासाठीच घेतलेलं असतं. कारण तिथे बस (सार्वजनिक वाहन) जाणार नसते. जात असलीच तर, मध्ये बदलून वगैरे जावं लागतं. मोटारी जनमानसांत लोकप्रिय होण्याचं हेच कारण आहे. मोटारी जेव्हा आल्या तेव्हा फार थोड्या लोकांकडे मोटार होती आणि रस्ते मोकळे होते. मोटार कडेला लावून खरेदी करून येणं शहरांमध्येही शक्य होतं, पण ही गृहीतं आता चुकलेली आहेत. मोटार व स्कूटर अशा खाजगी-

वैयक्तिक वाहनांची संख्या लक्षात घेतली, तर त्यांच्याकडे आता आपल्याला वेगळ्या दृष्टीनं पाहायला हवं. वाहतुकीच्या संदर्भात खाजगी वाहनांचं मूल्यमापन वेगळ्या पद्धतीनं करायला हवं.

वाहतुकीच्या धोरणात खाजगी वाहनांचं स्थान कुठं असायला हवं, त्याचा विचार करू या. शहरामध्ये रस्त्यांवर खाजगी वाहनांची संख्या सगळ्यात जास्त आहे. रस्त्यांवर बस फारशा नसतात. पण कमी असल्या तरी त्यांची वाहनक्षमता जास्त असते. एका बसमधून ६०-७० माणसे जाऊ शकतात. याउलट एका खाजगी वाहनामध्ये सरासरी १.२ माणसं असतात. म्हणजेच एक माणूस नेण्याकरता मोटार रस्त्यावरची केवढी जागा व्यापते, केवढे इंधन खर्च करते, केवढे प्रदूषण करते! तेव्हा आता खाजगी वाहनांचं वाहतुकीच्या धोरणामध्ये स्थान खूप खाली राहिल.

वाहतुकीचा प्रश्न मांडताना नेहमी रस्ते पुरत नाहीत असा मांडला जातो. खरे तर दोनच उपाय करता येतात. एक म्हणजे रस्ते वाढवायचे किंवा वाहने कमी करायची. रस्त्यावर एवढी वाहने का येत आहेत? ती न येऊन चालेल का? आपल्याला रस्त्यावरून वाहने न्यायची आहेत की लोक न्यायचे आहेत? तर लोक न्यायचे आहेत. शहराच्या एका भागातून दुसऱ्या भागात माणसांना प्रवास करायचा आहे. यासाठी

जर आपण सगळ्यात चुकीचा मार्ग वापरला; मोटारी वापरल्या तर वाहतुकीची कार्यक्षमता कमीच होणार! वाहने वाढली की मोटारही सोयीची राहात नाही. गर्दीमध्ये अडकते. वाहनतळ मिळत नाहीत. मग पुन्हा वाहनतळांची सोय करा.

भारतात शहराचे वाहतूक नियोजन करणाऱ्या लोकांना सध्या तर एकच मार्ग दिसतो आहे. रस्ते वाढवण्याचा. हा मार्ग म्हणजे - चुकीच्या पद्धतीने जेवून लठ्ठ व्हायचं आणि फक्त बेल्ट सैल करत राहायचं असा आहे. जितके रस्ते वाढवत नेऊ तितकी वाहनं रस्त्यावर जास्त येणार आहेत. त्यामुळे हा मार्ग पूर्णपणे चुकीचा आहे.

सगळीकडे रस्ते रुंद करावे लागत आहेत, नवीन उड्डाणपूल बांधावे लागत आहेत; असे काहीही न करता आपण फक्त ज्या वाहनाने प्रवास करतो आहोत, त्यात बदल घडवावा. सार्वजनिक वाहन (बस, ट्राम, मेट्रो, किंवा इतर) वापरले तर आपल्याला वाहतुकीच्या प्रश्नावर उत्तर मिळेल अशी स्पष्ट भूमिका घ्यायला हवी आहे.

वाहतुकीचा प्रश्न सोडवताना आपला अग्रक्रम कोणाला - चालणाऱ्याला का वाहनाला ते लक्षात घ्यायला हवं. उदा. पुण्यामध्ये जंगली महाराज रस्ता आणि फर्ग्युसन कॉलेज रस्ता एकदिश मार्ग केले. पण त्यामुळे कोणाला फायदा झाला? पायी

चालणाऱ्याला तर रस्ता ओलांडण्याची अडचणच झाली. बस प्रवाश्यांची पण गैरसोय झाली. 'एकदिश' रस्ता असल्यामुळे वाहने भरधाव जाऊ लागली, ओलांडायचे अंतर दुप्पट झाले म्हणजे फक्त स्वयंचलित खाजगी वाहनांची सोय झाली. तसेच उड्डाणपुलांमुळेसुद्धा फक्त वाहनांचीच सोय होते, असा अनुभव आहे.

खाजगी वाहनांना परावृत्त करणे

जगभरात कुठेही रस्ता रुंद केल्याने, उड्डाणपूल बांधल्याने, नदीच्या कडेला रस्ते बांधल्याने वाहतुकीचा प्रश्न सुटला असे झालेले नाही. अगदी अमेरिका, युरोपमध्येही! उलट मोठमोठे रस्ते वाहनांनी भरून वाहू लागलेत. १९९८ मध्ये वाहतुकीच्या प्रश्नाचा अभ्यास करण्यासाठी इंग्लंडमध्ये एक कमिशन नेमलं होतं. त्यांनी पाहिलं, 'Do roads add to the traffic?' तर त्याचं उत्तर 'हो, रस्ते बांधले की वाहतूक वाढते.' असं आलेलं आहे. त्यामुळे या दिशेने उपाय नाही. जर तुम्ही वाहनांच्या करता जागा वाढवत गेलात, तर तुम्हाला यश कधीच येणार नाही. संबंध शहराचा बट्ट्याबोळ होईल. संबंध शहरावर तुम्ही उड्डाणपूल बांधाल, मोठमोठे वाहनतळ बांधाल, पण गर्दीचा प्रश्न कधीच दूर होणार नाही.

परदेशांमध्ये वाहतूक कोंडी कमी करण्यासाठी अनेक अभ्यास, निरनिराळे

प्रयोग / प्रयत्न करण्यात झालेले आहेत.
लंडनमध्ये खाजगी वाहनांना शहरात
येताना ११ पाऊंड इतका कन्जेशन चार्ज

भरावा लागतो. या मोठ्या रकमेमुळे खाजगी
वाहने शहरात घेऊन येण्याचे लोक टाळतात
व वाहतुकीवरील ताण कमी होतो.



कार, पेट्रोल, दुरुस्त्या, विमा हे खर्च जरी मोटारमालकांनी केले, तरी, रस्ते, वाहतूक-पोलीस,
दवाखाने सरकारी खर्चाने चालतात. आग, अपघात अशा वेळी व्यवस्था कोण करते?

पॅरिसमध्ये 'City Bicycle scheme' राबवली गेली आहे. तेथे प्रत्येक ३०० मी.ला सायकल स्टँड उभारले आहेत. एका मोटारीच्या जागेत मावतील इतक्या १०-१२ सायकली तेथे असतात. एखाद्याला एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणी जाण्यासाठी तिथून सायकल घेता येते. पहिल्या अर्ध्या तासासाठी ही सेवा फुकट आहे. त्यापुढे थोडे पैसे भरावे लागतात. आपल्या इच्छित ठिकाणाजवळ पोचले की,

सायकल हे साधन जगामध्ये बऱ्याच शहरांमध्ये वापरले जाते. यासाठी आपली विचारसरणी बदलण्याची फार गरज आहे. नेदरलँड शहराचे उदाहरण नमुना म्हणून बघता येईल. तेथील आठ पदरी रस्त्यांची त्यांनी परत रचना केली. ते दुपदरी केले. मध्ये हिरवळीचा मोठा पट्टा ठेवला. त्याच्या बाजूला दोन मार्गिका वाहनांसाठी, त्याच्यानंतर बसथांब्या करता जागा, त्याच्या बाहेर सायकलमार्ग आणि त्यानंतर फुटपाथ. वेगावर निर्बंध घातलेला आहे. वाहने प्रचंड संख्येने आहेत. पण वाहतूक कोंडी होत नाही. कारण लोक प्रत्येक वेळेला आपल्या कारने जात नाहीत. ते सायकल वापरतात, बस / ट्रेन वापरतात.

तिथल्या सायकल स्टँडवर परत ठेवून द्यायची असते. या योजनेमुळे अनेकजण आपली खाजगी वाहने रस्त्यावर आणत नाहीत. त्या वाहनांमुळे होणारे प्रदूषण झाले नाही. जागा लागली नाही. इंधनाची बचत झाली. आता प्रत्येक वेळी जरी सायकल वापरणे शक्य नसले, (उदा. सामान आणताना/ नेताना) तरी बऱ्याच वेळा शक्य असते. सध्या आपल्या शहरामध्ये आपण सायकलने प्रवास करू असे ठरवले तरी ते शक्य नाही. कारण सुरक्षित सायकल ट्रॅक नाहीत, भरधाव वाहनांमुळे सायकल चालवणे धोकादायक आहे.

इस्तंबूलमध्ये शहराच्या काही गर्दीच्या भागामध्ये खाजगी वाहनांना निर्बंध घालण्यासाठी बंदी असलेल्या रस्त्यांवर खिळे असलेली लोखंडी पट्टी बसवलेली पाहीली - ज्यामुळे वाहने या रस्त्यावर शिरूच शकत नाहीत. दिवसाच्या ठराविक वेळी वितरण व्हॅनसाठी किंवा कचरा वाहणाऱ्या गाडीला प्रवेश देण्यासाठी हे खिळे मागे खेचले जातात व या वाहनांना प्रवेश दिला जातो.

सिंगापूरमध्ये स्वतःची मोटर विकत घेताना परवाना घ्यावा लागतो. दरवर्षी जितक्या गाड्या रस्त्यावरून बाद होतील तितक्याच वाहनांना विक्रीचा परवाना दिला जातो. परवाना देताना बोली पद्धत असते. भरपूर पैसे भरून वाहन-परवाना घेणे,

रस्त्यांवर पार्किंगची सोयच नसणे, असल्यास ती महाग असणे या गोष्टींमुळे सिंगापूरमध्ये स्वतःचे वाहन घेणे अवघड केलेले आहे. मात्र सार्वजनिक वाहतूक व्यवस्था उत्तम आहे.

वाहने कमी करण्याच्या दिशेने गेलो तर काय होऊ शकते याची अनेक उदाहरणे आहेत.

याउलट असे दिसते आहे की, मोटार धार्जिणे शहर-विकास धोरण कधीच यशस्वी होणार नाही. खाजगी वाहनांना रस्त्यांवर येण्यास परावृत्त करणारे धोरण हेच उपयोगाचे ठरेल. त्यासाठी जगात निरनिराळे मार्ग अवलंबलेले आहेत. या पैकी काही उदाहरणार्थ

१. गर्दीच्या रस्त्यांवर पार्किंग-बंदी आणणे.
२. पार्किंग महाग करणे, उदा. लंडन, न्यूयॉर्क
३. शहरातील काही भाग चारचाकी विरहित करणे.

आज आपल्याकडे पार्किंग फुकट असते. झोपडपट्टीला आपण विरोध करतो, लोक फुकट राहतात, कर देत नाहीत. असे म्हणतो. फुटपाथवरच्या विक्रेत्यांनी फुटपाथ ग्रासलाय म्हणतो, पण पार्क केलेल्या कारनी रस्ता ग्रासलाय असं कधी म्हणत नाही. आपली मानसिकता विचित्र आहे. आपल्याला नुसते चौपट मोठे रस्ते आणि भरधाव जाणाऱ्या गाड्या म्हणजे विकासाची खूण वाटते.

खाजगी वाहनांना पर्याय

खाजगी वाहनांना पर्याय म्हणून इतर मार्ग उपलब्ध करून देता येतील. जसे प्रत्येक वेळेला ७० माणसे नेणारी बसच हवी असे नाही. पण छोट्या बसेस आहेत, सायकली वापरू शकतो किंवा पायीसुद्धा जाऊ शकतो. सध्या शहरांमध्ये पायी चालणे अशक्य आहे. कारण सुरक्षित पदपथ नाहीत. त्यामुळे रस्त्यावरून चालावे लागते, भरधाव वाहनाची धडक बसू शकते. पायी चालणे हे स्वास्थ्यासाठी उत्तम आहे आणि अगदी जेष्ठ नागरिकसुद्धा काही अंतर चालत जाऊ शकतात, जर सुखकारक, चालण्यासारखे पदपथ असतील तर !

खाजगी स्वयंचलित वाहनांमुळे वाहतुकीचा प्रश्न अधिक कठीण होत चाललेला आहे. आतापर्यंत प्रश्न फक्त गर्दीचा, प्रदूषणाचा असे मानले जात होते. मग सीएनजी वापरा किंवा बॅटरीवर गाड्या चालवा असे उपाय सांगितले जात होते. पण बॅटरीवर चालणाऱ्या गाडीला रस्त्यावर तेवढीच जागा लागते. त्यामुळेही प्रदूषण होतंच, पण ते दुसरीकडे कुठे तरी होतं. शिवाय जिथे वीजनिर्मिती केली जाते, धरणे बांधली जातात, तिथली गावे विस्थापित केली जातात.

एकदम एक दिवस सम-विषम योजना राबवण्याऐवजी त्यासाठी आधी नीट आराखडा करावा लागेल. एक दिवसाआड

खाजगी वाहन नसताना प्रवास कसा करायचा यासाठी चांगला पर्याय द्यावा लागेल. म्हणजेच सार्वजनिक वाहतूक व्यवस्था सुधारायला लागेल. त्यासाठी अनेक गोष्टी करता येतील.

- १) सार्वजनिक वाहतूकीच्या साधनांची सोय करणे व ती वाढवत नेणे
- यामध्ये बस, बीआरटी, ट्राम, मेट्रो, अशा पर्यायांचा विचार करता येईल.
 - बसची संख्या वाढवण्यामध्ये खर्च नाही का येणार अशी शंका मनात येऊ शकते.

सम-विषम/इतर वाहतूक प्रणाली राबवणारी शहरे

बिर्जींग : २००८ ऑलिंपिकच्या निमित्ताने बिर्जींगमध्ये सम-विषम पद्धत वापरण्यात आली. वाहनांद्वारे होणारे प्रदूषण ४०% कमी झाल्याचा निष्कर्ष काढण्यात आला. तरीही ही पद्धती वगळून इतर अवघड रस्ते - धोरणे अवलंबण्यात आली.

पॅरिस : येथे २०१४ मध्ये प्रचंड प्रदूषण रोखण्यासाठी एक दिवसाकरिता हा प्रयोग राबवण्यात आला.

मेक्सिको सिटी : १९८९ मध्ये कारच्या नंबरमधील शेवटच्या संख्येनुसार चारचाकी मोटारींवर आठवड्यातून एक दिवस रस्त्यावर न येण्याचे बंधन घालण्यात आले. परंतु ही पद्धती तितकीशी यशस्वी ठरली नाही. कारण लोकांनी शेवटची सम-विषम संख्या असलेल्या दोन मोटारी खरेदी करून वापरण्यास सुरुवात केली.

बोगोटा (कोलंबियाची राजधानी): येथे 'Peak and Plate' पद्धत अवलंबण्यात आली. चारचाकी मोटारींवर आठवड्यातून एक दिवस भर गर्दीच्या वेळेला रस्त्यावर न येण्यासाठी बंधन घातले गेले.

या व्यतिरिक्त युरोपमधील लंडन, बर्लिन, डुसेलडॉर्फ, स्टूटगार्ट, लिस्बन, रोम, कोपनहेगन, प्राग, अँमस्टरडॅम, मिलान या शहरांमध्ये 'Low Emission Zone' ही पद्धत वापरात आहे. या शहरांतील काही भाग हा लो एमिशन झोन म्हणून जाहीर केलेला आहे व तेथे ठरावीक मानके नसणाऱ्या वाहनांना प्रवेशबंदी करण्यात आली आहे.

परंतु नवीन बस विकत घेणं, त्यासाठी जादा पार्किंगची व बस थांब्यांची सोय करणे, नवीन माणसे कामाला नेमणे (वाहक व चालक) या सर्वांसाठी येणाऱ्या खर्चापेक्षा नवीन रस्ते बांधणे, उड्डाणपूल बांधणे, वाहनतळ बांधणे यासाठी येणारा खर्च कितीतरी पटीने जास्त आहे. आणि हे करून देखील सर्व नवीन रस्ते, पूल इ. वाहनांनी भरून वाहतील आणि वाहतूक कोंडीत भरच टाकतील

- सध्याची सार्वजनिक वाहतूक व्यवस्था सुधारली पाहिजे. सध्या बसेसची अवस्था वाईट आहे. बसच्या वाहनमार्गात इतर वाहने अडथळा आणतात. थांब्यावरती लोक चढणे-उतरणे यात खूप वेळ जातो. कारण दरवाजे अरुंद आहेत.
- सार्वजनिक वाहतुकीपैकी 'Bus Rapid Transit' (BRTs) ही अतिशय परिणामकारक आहे. यामध्ये बसचे दरवाजे मोठे असतात, बससाठी आरक्षित मार्गिका असते, बसचा दरवाजा व बसथांबा एका पातळीवर असतो. बी.आर.टी. ही प्रवाशांना चढण्या-उतरण्यास सोईस्कर असते व इतर वाहनांना तिचा अडथळा होत नाही. हे काहीच लक्षात न घेता बीआरटी सुरू केल्याबरोबर लोकांनी विरोध करायला सुरुवात केली, कारण रस्त्याचा



७२ सायकली
९० चौ. मीटर

एक स्वतंत्र मार्ग बीआरटीला दिलेला असतो. सार्वजनिक वाहतुकीला प्राधान्य दिले नाही तर ती कशी सुधारणार?

२) पायी चालणाऱ्यांसाठी सोयी करणे

- खाजगी वाहन न घेता, सार्वजनिक वाहनाने जायला निघालेली व्यक्ती बस थांब्यापर्यंत पायी चालत जाईल. त्यासाठी रस्त्याच्या कडेने पदपथाची सोय हवी. पदपथावरती अडथळे

७२ माणसांसाठी किती रस्ता लागतो?



६० कार
१००० चौ. मीटर



१ बस
३० चौ. मीटर

(कचराकुंड्या, नामफलक) असता कामा नयेत. पदपथ पुरेसे रुंद हवेत.

३) इंधनविरहीत वाहतुकीच्या साधनांचा वापर करणे (सायकली, सायकलरिक्षा)

- शहरातील सगळे रस्ते सायकली वापरण्यायोग्य करायला हवे. त्यासाठी सायकल-मार्गिकांची सोय करायला हवी.
- सायकल हे इंधनविरहीत वाहन आहे.

इंधनबचत व आरोग्यासाठी उपयुक्त असा पर्याय सायकल देते.

- एका बसमध्ये ७२ लोक मावू शकतात, तर एका बसला लागणाऱ्या पार्किंगच्या जागेत अनेक सायकली मावू शकतात.

या गोष्टी सातत्याने कराव्या लागतील. जादूची कांडी फिरवल्यासारखी काही वाहतुकीत सुधारणा होणार नाही.



‘फर्ग्युसन रस्त्यासाठी सुचवलेली रचना’

डावीकडून उजवीकडे : पदपथ, पार्किंगसाठी जागा (शक्य आहे तेथे) दोन कार मार्गिका, बस मार्गिका, दुहेरी सायकल मार्गिका, पदपथ (डिझाईन : प्रसन्न देसाई, आर्किटेक्ट)

शाश्वत वाहतूक नियोजन

शाश्वत वाहतूक नियोजनाच्या (sustainable transport) अंतर्गत येणारे जे काही घटक आहेत ते आपल्याला अवलंबले पाहिजेत.

- **सर्वप्रथम पायी चालणाऱ्याला प्राधान्य** : त्यासाठी अडथळे नसलेले फुटपाथ हवेत. वाहतूक योजनेशी फुटपाथचा काय संबंध आहे? तर बसमध्ये चढणारा माणूस हा घरापासून चालत बसथांब्यापाशी येणार आहे. फुटपाथ नसल्यामुळे लोक रस्त्यावरून चालतात आणि पायी चालणे असुरक्षित असल्याची जाणीव होते.

- **त्यानंतर सायकल / सायकल रिक्शांना (Non-motorized transport) प्राधान्य** : पायी चालणाऱ्यांच्याच्या खालोखाल सायकलींना प्राधान्य हवे. शहरांमध्ये सायकल-मार्ग बांधायला हवेत. सुरुवातीला शाळांच्या भोवती सायकल मार्ग उपलब्ध करून देता येतील.
- **त्यानंतर सार्वजनिक वाहनांना प्राधान्य**
- **सर्वात शेवटी खाजगी वाहने** ही जर दृष्टी ठेवली, तर सम-विषम

वाहतूक नियोजनाकडे खाजगी वाहनांना रस्त्यावर येण्यापासून परावृत्त करण्याचा एक भाग म्हणून चांगल्या नजरेने बघता येईल.

प्रदूषण

दुसरा भाग आहे तो प्रदूषणाचा. शहरांमध्ये प्रदूषण अनेक कारणांमुळे होते. (बांधकामे, कारखाने, इ.) परंतु मोठ्या शहरांमध्ये साधारणतः ६०% (४०-८०%) प्रदूषण वाहनांमुळे होते. जगातील सर्वात जास्त प्रदूषित शहरांमध्ये आपल्या देशांतील शहरांचा फार वरचा क्रमांक आहे. एकेका कारने होणारे प्रदूषण कमी करण्यासाठी यंत्रणा बसवलेली असते. परंतु कारची संख्या प्रचंड प्रमाणात वाढते आहे. दिल्लीत रोज नवीन १००० कार रस्त्यांवर येत आहेत. पुण्यामध्ये हा आकडा ६०० आहे. ६०० वाहनांपैकी ८०% दुचाकी असतील आणि २०% चारचाकी असतात. तरी दरवर्षी जवळजवळ २.५ लाख वाहनांची रस्त्यांवर भर पडते आहे. या सर्व वाहनांना पार्किंगसाठी जवळजवळ ४५० एकर जागा लागेल. पुणे विद्यापीठाचे क्षेत्रफळ ६०० एकर आहे. एवढी जागा पार्किंगसाठी दरवर्षी कुठून निर्माण करणार? कारच्या धार्जिणे वाहतूक नियोजन करायचे असेल तर एवढ्या वाहनतळांची व्यवस्था करावी लागेल. अनेक मजली वाहनतळांमध्येसुद्धा फार थोडी वाहने (चारचाकी) मावतात. उदाहरणच द्यायचं तर लक्ष्मीरोडजवळच्या हरिभाऊ साने

वाहनतळामध्ये फक्त ६० चारचाकी (कार) वाहने मावतात. त्याजागी पूर्वी नाईट स्कूल होते, मोठे पटांगण होते, वडाचे झाड होते. ते पक्ष्यांनी किलबिललेले असायचे, झाडाची मोठी सावली होती. त्याखाली मुले खेळत असत. ह्या सर्वांचा नाश करून तिथे वाहनतळ बांधणे योग्य आहे का -असा विचार मनामध्ये यायला हवा.

शाश्वत वाहतूक नियोजनाबरोबरीने शहर नियोजनही करणे गरजेचे आहे. शहर हे राहण्यायोग्य, सुखकारक व शुद्ध हवा असलेले, मोकळ्या जागा असलेले, शाळेतल्या मुलांना सायकलने जाता येईल असे हवे. वाहतूक नियोजन करताना फक्त सम-विषम वाहतूक नियोजन करण्याऐवजी या सगळ्या गोष्टी करायला हव्या आहेत.

शहरांची मोटरधार्जिणी वाहतूक व्यवस्था कमी करण्याकरता त्या त्या शहरांनी सगळ्यात योग्य तो पर्याय निवडायला हवा. पायी चालण्याच्या, सायकल चालवण्याच्या व सार्वजनिक वाहतूक व्यवस्था या तिन्ही गोष्टींच्या सोयी सतत वाढवत व सुधारत न्यायला हव्यात. खाजगी वाहनांच्या सोयी कमी करणं, सोयी बंद करणं या गोष्टी करायला पाहिजेत.

लेखक : सुजित पटवर्धन, पुणे.

परिसर संस्थेचे संस्थापक, पर्यावरण विषयाचे अभ्यासक

शब्दांकन : संजीवनी आफळे

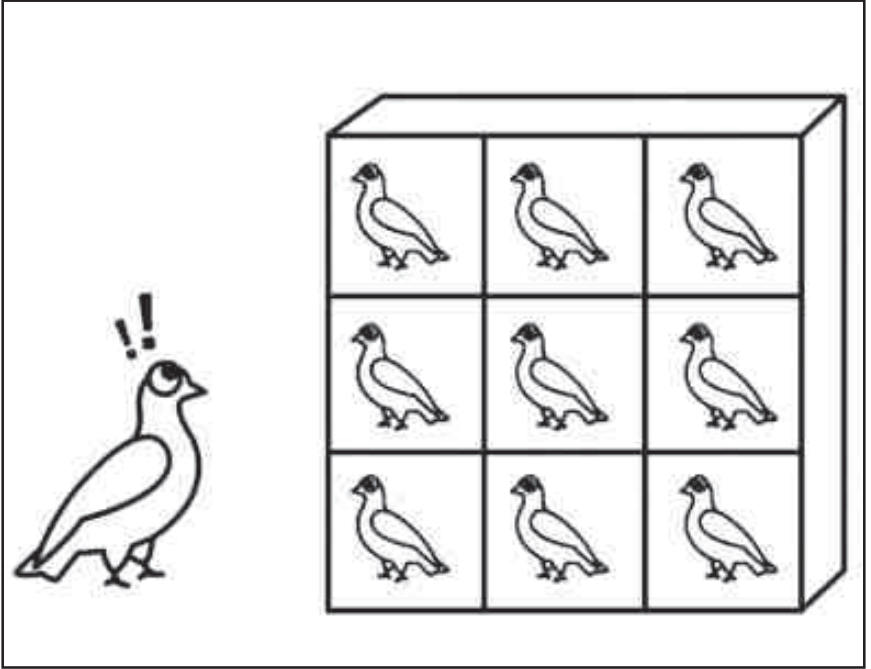
खुराड्यांपेक्षा कबुतरे जास्त

लेखक : किरण बर्वे

काही कल्पना खूप सोप्या असतात, 'त्यात काय, सामान्य ज्ञान आहे' असे म्हणून आपण सोडूनही देतो. अशा कल्पना नीट समजावून घेऊन, फुलवून, त्यातून एक महत्त्वाची तत्त्वप्रणाली, थिअरी निर्माण करणे ही

गणिताची खासियत आहे. असेच एक निरीक्षण, प्रमेय आणि त्याचे आश्चर्यकारक उपयोग समजावून घेऊ.

पाच माणसे आहेत, सहा टोप्या आहेत आणि प्रत्येक टोपी त्यातील कोणाच्यातरी



डोक्यावर घालायची आहे तर एकाच्या तरी डोक्यावर दोन किंवा त्यापेक्षा अधिक टोप्या घालाव्या लागतील. डोक्यावर सगळ्याच बसल्या, तरी तो एक आहेच-ज्याच्या डोक्यावर दोनपेक्षा जास्त टोप्या आहेत. समजा प्रत्येकाच्या डोक्यावर एकएक टोपी घालायचा प्रयत्न केला.

पाच जणांच्या डोक्यावर पाच टोप्या घालून झाल्या, उरलेली कोणातरी एकाच्या डोक्यावर घालावीच लागणार. आणि मग ज्याच्या डोक्यावर दोन टोप्या आहेत असा एकतरी मिळालाच. टोप्या आणि डोकी ह्यांच्या जागी कबुतरे आणि खुराडी अशा पद्धतीने हे निरीक्षण अगदी सुरुवातीला मांडले गेले. जर कबुतरांची संख्या खुराड्यांच्या संख्येपेक्षा जास्त असेल तर एका तरी खुराड्यात एकापेक्षा जास्त कबुतरे असणार, असायला हवीत. हे तत्त्व पिजन होल तत्त्व म्हणून सुविख्यात आहे.

एके दिवशी आमचे शिक्षक वर्गात आले, वर्गात ८ जण होते. त्यांनी विचारले, प्रत्येकाला आपल्या जन्मदिवशीचा वार माहीत असेल ना, हो म्हटल्यावर म्हणाले, तर मी नक्की सांगतो कोणातरी दोघांचे वाढदिवस एकाच वारी असतील. खरेच तसे होते. आपल्याला कळेल, की वार ७ आणि मुले ८, पिजन होल तत्त्व. इथे कबुतरे म्हणजे मुले आणि खुराडी म्हणजे वार. त्याचप्रमाणे एक ३६७ मुलांची रोज भरणारी

निवासी शाळा होती. प्रत्येक विद्यार्थ्याच्या वाढदिवशी फळ्यावर नाव लिहून त्याला शुभेच्छा दिल्या जात. एक तरी दिवस असा असेच की ज्यादिवशी एकापेक्षा जास्त विद्यार्थ्यांना वाढदिवसाच्या शुभेच्छा देणारे धपाटे खावे लागत.

जरा वेगळी उदाहरणे बघू. कोणत्याही ११ धन पूर्णांक संख्या घ्या, त्यांच्यात ज्यांच्या वजाबाकीला १० ने भाग जाईल अशा दोन तरी संख्या असतात. ११ संख्या ही कबुतरे, हे नक्की. खुराडे नक्की करण्यात खरी गम्मत आहे. कुठल्याही संख्येला १० ने भागले की येणारी बाकी ०, १, २, ३, ४, , ७, किंवा ९ यापैकीच असते. म्हणजे एकंदरीत १० वेगवेगळ्या बाकी असू शकतात. ही खुराडे धरले तर आपल्या तत्त्वानुसार एकच बाकी असणाऱ्या दोन संख्या दिलेल्या ११ संख्यात असणार. त्या दोन संख्यांच्या वजाबाकीला १० ने भाग जाईल. करून तर बघा हा प्रयोग. अगदी कोणतेही ११ पूर्णांक घेऊन मित्रांना, नातेवाईकांना आश्चर्यचकित जरूर करा, मात्र शेवटी तत्त्व सांगायला विसरू नका. ह्या उदाहरणात खुराडे निवडताना आपण गणित वापरले, तो भाग कळीचा ठरला.

एक ३ सें. मी. लांबीची बाजू असणारा समभुज त्रिकोण घेतला आणि त्यात १० तांदूळ टाकले वा १० बिंदू घेतले त्या त्रिकोणात. त्या बिंदूत ज्यांचे एकमेकांपासूनचे

अंतर १ सें. मी. कमी असेल, असे दोन तरी बिंदू असतात. (त्रिकोणात ९ समभुज त्रिकोण १ सें. मी. बाजू असलेले काढा. प्रत्येक बाजूचे तीन सारखे भाग केले, समोरासमोरचे बिंदू जोडले तर १ सें. मी. बाजू असलेले ९ समभुज त्रिकोण तयार होतात. हे त्रिकोण आपण खुराडे म्हणून वापरू, एकातरी त्रिकोणात १० तले २ बिंदू असणारच, छोटे त्रिकोण ९ आणि बिंदू १०. अशा त्रिकोणातील दोन बिंदूतील अंतर १ सें. मी. त्यापेक्षा कमी ! गर्दीच्या ठिकाणी कोणत्यातरी भागात किती माणसे असणारच, आपण ठरवू शकतो. १००१ माणसे असतील आणि १० चौकोनात त्यांची विभागणी करायची असेल तर एकातरी चौकोनात १०० पेक्षा जास्त जण असणार. हे असे गणित फारच बाळबोध वाटेल पण थोड्या अधिक

गुंतागुंतीच्या आकारात, विशिष्ट वेळेत किती लोक असतील - असे प्रश्न असतील तर ह्या पद्धतीचा विचार महत्वाचा ठरतो.

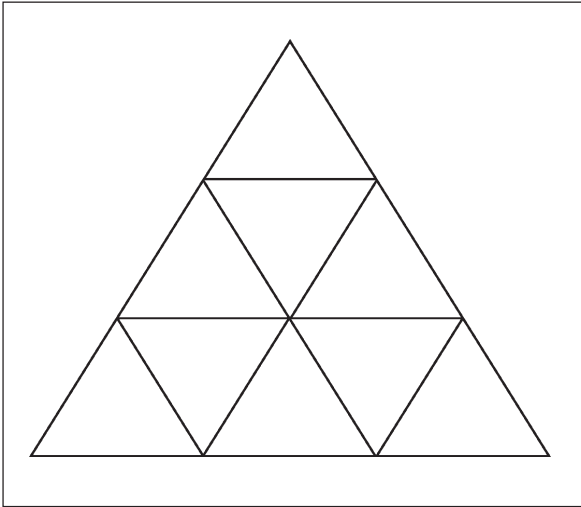
आपल्या तत्त्वानुसार आणखी काही गंमतीदार निरीक्षणे सिद्ध होतात.

एखाद्या साखळी (round robin) स्पर्धेत जर कोणीही सर्व सामने हरला नाही तर किमान दोघांनीतरी सारखे सामने जिंकलेले असतील.

एका गटात जर अ हा ब चा मित्र आहे तर ब सुद्धा अ चा मित्र आहे. (एकाने दुसऱ्याला मित्र मानले की दुसराही तसेच मानतो. तर २० जणांच्या संमेलनात असे दोनजण असतातच की ज्यांच्या मित्रांची संख्या सारखीच असेल. कोण दोघे, ते नाही सांगता येत, पण असणार हे नक्की. अशा प्रकारच्या कोडेवजा गणितातून रामसेने

अधिक चांगली प्रमेये शोधली. त्यातून रामसे थिअरीची निर्मिती झाली. त्यांचा उपयोग संगणक विज्ञानात होतो.

परिमेय संख्या दशांश रूपात मांडली तर त्यातील दशांश चिन्हांनंतरच्या संख्या सांत असतात किंवा आवर्ती असतात. हे प्रमेय एक महत्वाचे प्रमेय आहे.



त्याची एक सिद्धता कबुतर-तत्त्वाने देता येते.

कोणतेही ५२ पूर्णांक दिले तर त्यात दोन पूर्णांक असे असतात, ज्यांच्या बेरजेला किंवा वजाबाकीला १०० ने भाग जातो.

वर जी उदाहरणे मी दिली आहेत त्यांच्या सिद्धता तशा सोप्या आहेत, जरूर करून बघा.

हे प्रमेय अस्तित्व सांगणारे प्रमेय आहे, काय आहे हे ते सांगते, कसे शोधायचे ते सांगत नाही. संख्या, बिंदू अशा मांडणीत कसे शोधायचे ह्या प्रश्नांना फार अर्थ नसतो. कारण बिंदू नेमके कोणते ते नक्की नसेल तर कसे शोधायचे याला अर्थ नाही. तरीही पुढच्या गणिताच्या अभ्यासात प्रमेय केवळ अस्तित्व सांगते ही मर्यादा नक्कीच लक्षात ठेवायला पाहिजे. आणि दिलेल्या गणिताच्या संदर्भात विशिष्ट गुणधर्म असलेली संख्या, रचना, बिंदू अस्तित्वात आहेत हे समजणेसुद्धा महत्त्वाचेच! ह्या तथ्याचा उपयोग करून अधिक सखोल प्रमेये सिद्ध करता येतात.

कबुतरे खुराडे -प्रमेय हा गणितातील केवळ मनोरंजक भाग, वेळ गेला विचार करताना अशा स्वरूपाचा विचार नाहीये. अनेक महत्त्वाच्या प्रमेयांच्या सिद्धतेत याचा उपयोग असतो. जर खुराडे योग्य निवडू शकलो तर आश्चर्यकारकरीत्या अवघड वाटा सोप्या होतात.

ह्या प्रमेयाचे व्यावहारिक उपयोग

आहेत, संगणक विज्ञानात पिजन होलचा वापर करून आपण वापरत असलेल्या प्रणालीला कमीत कमी किती क्रिया करावयाला लागतील हे निश्चित करता येते. लघुकरण विशिष्ट पद्धतीने, एका मर्यादितपलीकडे करता येत नाही. हे अत्यंत उपयोगी, (करणारे वाटले तरी काय करू नका सांगणारे) असे प्रमेय आपल्या पिजन होल प्रमेयाच्या साहाय्यानेच सिद्ध झाले. Nash समतोल आणि त्यावर आधारित तत्त्वप्रणालीत समतोल असणारच असे सांगता येणे असे पिजन होल तत्त्वाचे अन्य उपयोगही आहेत. Dirilesh ह्या गणितीच्या नावाने ही प्रमेय ओळखले जाते.

सातत्याने अभ्यासले जाणारे, कोडी सोडवायलाही उपयोगी, घालायलाही उपयोगी असे प्रमेय हौशी आणि व्यावसायिक, गंभीर गणितींना भुरळ घालत आले आहे. इतके की पिजन होल दिन म्हणून ५ नोव्हेंबर साजरा केला जातो. लीप वर्षात ह्या दिवसात थोडा फरक केला जातो. का ते शोधा! इतर वेळी ५ नोव्हेंबर विसरू नका. विविध कोडी गप्पा आणि उपयोगानी पिजन होल अर्थात टोपी / कबुतर या प्रमेयाचे स्मरण करू या.

छोट्या छोट्या गोष्टीत किती मोठा आशय असतो !

■ ■

लेखक : किरण बर्वे, मो. - ९४२३० १२०३४

पृथ्वी किती तरुण आहे?

लेखक : सुशील जोशी • अनुवाद : मीना कर्वे



आपल्या कल्पनेपेक्षा पृथ्वी खूपच पुरातन आहे ह्या गोष्टीचा अंदाज १७व्या शतकात येऊ लागला होता. त्यानंतर १९व्या शतकात पृथ्वीचे वय निश्चित करण्याचे प्रयत्न सुरू झाले. पृथ्वीचा आजचा एखादा गुणधर्म कोणत्या प्रक्रियेमुळे उत्पन्न झाला ह्याचा शोध घेणे, हाच ह्या सर्व प्रयत्नांचा पाया होता. ह्याच प्रक्रिया भूतकाळातही घडत असणार. मग आपल्याला कल्पना करावी लागते की पृथ्वीची सुरुवातीची अवस्था

कशी असेल? तेव्हापासून आत्तापर्यंतच्या अवस्थेपर्यंत पोचायला किती वर्षे लागली असावीत? ह्यावरच आपण पृथ्वीचे वय ठरवण्याचा प्रयत्न करतो.

केल्विनच्या मते सुरुवातीला पृथ्वीचे तापमान सूर्याच्या तापमानाएवढेच होते. त्यानंतर पृथ्वी निरंतर थंड होत गेली - तिची उष्णता तिच्या मध्यभागापासून पृष्ठभागापर्यंत वहन प्रक्रियेने येऊन विकिरण प्रक्रियेने अंतरिक्षात पसरत गेली. सूर्याशिवाय

पृथ्वीला उष्णता देणारा दुसरा कोणताही स्रोत नाही. ह्या गृहीताच्या आधारावर केल्विनने पृथ्वीचे वय १०-४० कोटी वर्षांच्या आसपास असावे असे मानले होते. पुढे जाऊन ते १० ते २० कोटी वर्षे असावे असे मांडले.

कोणीही त्यांच्या पद्धतीवर शंका काढल्या नाहीत. शंका निर्माण झाल्या त्या त्यांच्या गृहीतांवर!

केल्विनच्या मते पृथ्वी-सूर्य एकदमच निर्माण झाले, त्यांचे सुरुवातीचे तापमानही एकसारखेच असावे. दुसरी गोष्ट त्याने अशी गृहित धरली की एकमात्र जरी नाही तरी गुरुत्वाकर्षणामुळे होणारे आकुंचन हाही (सूर्याच्या उष्णतेचा) स्रोत असावा. तिसरी गोष्ट : पृथ्वीच्या उष्णतेला अंतर्गत स्रोत कोणताही नाही. आणि शेवटी पृथ्वीच्या मध्याकडून पृष्ठभागापर्यंत उष्णतेचे वहन होत असते.

आता पहिला प्रश्न होता, पृथ्वीच्या उष्णतेचा स्रोत कोणता आहे? हळूहळू हे लक्षात येऊ लागले की पृथ्वीच्या उष्णतेचा सूर्य हा एकमेव स्रोत नाही.

पृथ्वीवर उष्णतेचे बरेच स्रोत आहेत. त्यात पहिला म्हणजे अर्थातच निर्मितीच्या वेळची उष्णता. पृथ्वी हळूहळू थंड होण्याआधी ती प्रवाही स्वरूपात होती. त्यामुळे आकुंचनामुळे थोडी गुरुत्व उष्णता निर्माण झाली असावी.

उष्णतेचा नवा स्रोत

१९व्या शतकाच्या शेवटी उष्णतेचा तिसरा प्रमुख स्रोत कोणता असावा हे समजले. अनेक मूलद्रव्यांच्या परमाणूंचे विघटन होत असते. ह्या विघटनामुळे अनेक नवीन घटक निर्माण होतात. शिवाय बरीच उष्णता ही निर्माण होते. ती किरणोत्सर्जन म्हणजेच विकिरण होऊन बाहेर पडते. किंवा त्याला परमाणू विखंडन म्हणतात. विखंडित होणारे प्रमुख घटक आहेत युरेनियम, थोरियम व पोटॅशियम. परमाणू विखंडन हा उष्णतेचा मोठा स्रोत आहे हे केल्विनला माहीत नव्हते. या प्रकियेमुळे किती उष्णता निर्माण होते हे १९०३ मध्ये अर्नेस्ट रूदरफोर्ड आणि फ्रेडरिक सॉडी ह्यांनी मोजले. त्यांचा हा शोध ब्रह्मांडाच्या शोधामध्ये अतिशय महत्त्वाचा आहे, हे त्यांच्या ताबडतोब लक्षात आले.

याचा अर्थ पृथ्वी फक्त थंडच होत जाते असे नसून उष्णही होते! म्हणजेच सुरुवातीच्या तापमानापासून आजच्या तापमानापर्यंत पोचायला आधीच्या अंदाजापेक्षा कितीतरी जास्त काळ लागला असावा. आणि हे चित्र अजून अपूर्णच आहे!

विखंडन होण्यायोग्य परमाणू किती आहेत ह्यावर परमाणू विखंडन ही कल्पना अवलंबून आहे. कोणत्याही मूलद्रव्याच्या परमाणूंचे विखंडन होण्याचे प्रमाण ठरलेले असते. हे मोजण्याची पद्धत थोडी वेगळी आहे. एकूण परमाणूंच्या अर्धे परमाणू

विखंडित होण्यासाठी किती वेळ लागेल, हे सांगितले जाते. ह्यालाच त्या घटकाचे अर्धायू (half-life) म्हटले जाते. म्हणजेच जसजशी विखंडन प्रक्रिया घडत जाईल तसतसे विखंडन योग्य परमाणू कमी होत जातील. अर्थातच विखंडनाची गती कमी होत जाईल. याचा अर्थ असा की आजच्या पेक्षा भूतकाळात कितीतरी जास्त प्रमाणात परमाणू विखंडन होत असावे व त्यामुळे कितीतरी जास्त उष्णता उत्पन्न होत असावी.

दुसरा पैलू उष्णतेचा न्हास होण्यासंबंधी आहे. पृथ्वीच्या मध्य भागाकडून पृष्ठभागाकडे होणारे उष्णतेचे वहन केल्विनने गृहीत धरले होते. परंतु खडक उष्णतेचे चांगले वाहक नसतात. जर उष्णतेचे फक्त वहन होत असते, तर पृथ्वीच्या जन्मापासून (जवळपास ४.५ अब्ज वर्षांपूर्वी) जी उष्णता शेकडो किलोमीटर खोल मध्यापासून वर यायला सुरुवात झाली, ती आता कुठे पृष्ठभागापर्यंत पोचली असती!

नंतर पृथ्वीच्या अंतर्गत रचनेच्या अभ्यासावरून हे स्पष्ट झाले की पृथ्वीच्या पोटातली उष्णता मुख्यतः अभिसरणानेच बाहेर येते, कारण तिथे शिलारस हा द्रवरूपात असतो. पृथ्वीच्या आत उघड आहे की तापमान जितके अधिक असेल तितकी शिलारसाची विष्यंदिता (viscosity) कमी होत जाणार आणि अभिसरणामध्ये वाढ होणार. १८९५ मध्ये ह्या सिद्धांताच्या

आधारावर, पृथ्वीचे वय २००-३०० कोटी वर्ष असावे असा निष्कर्ष काढला गेला होता.

एका निष्कर्षानुसार वरील सर्व प्रक्रियांचा मिळून होणारा परिणाम म्हणजे पृथ्वी दर १० कोटी वर्षांमध्ये ५-६ अंश सेल्सियस ह्या प्रमाणात थंड होते आहे. उष्णतेच्या ह्या स्रोतांचा शोध लागणे व उष्णतेच्या न्हासाविषयी नवीन माहिती समोर येणे ह्यामुळे पृथ्वीचे वय शोधून काढण्याचे प्रयत्न परत सुरू झाले. परमाणू विखंडनाच्या शोधामुळे हे वय शोधण्याच्या सर्वस्वी नवीन पद्धतींची निर्मिती झाली. ह्या पद्धतींकडे वळण्यापूर्वी इतर पद्धतींमधून काय निष्पन्न झाले ते बघू या.

इतर पद्धती

१. चंद्राचे दूर जाणे

जॉर्ज डार्विन ह्यांनी पृथ्वीचे वय ठरवण्यासाठी चंद्राचे पृथ्वीपासून अंतर हा पाया मानला. त्यांनी पृथ्वी व चंद्र जवळजवळ एकाच वेळी उत्पन्न झाले हे गृहीत धरले. त्यांनी असे मानले की पृथ्वी जेव्हा वायूरूप अवस्थेत होती, तेव्हा तिच्यापासून एक भाग तुटून वेगळा झाला आणि त्याचा चंद्र बनला. पण लवकरच हे कळून चुकले की चंद्राची उत्पत्ती अशी झाली नाही, तर पृथ्वीवर एक विशाल उल्का आपटली आणि चंद्र निर्माण झाला. ह्या नव्या शोधामुळ जॉर्ज डार्विन ह्यांची

सारी गणनप्रक्रिया फोल ठरली.

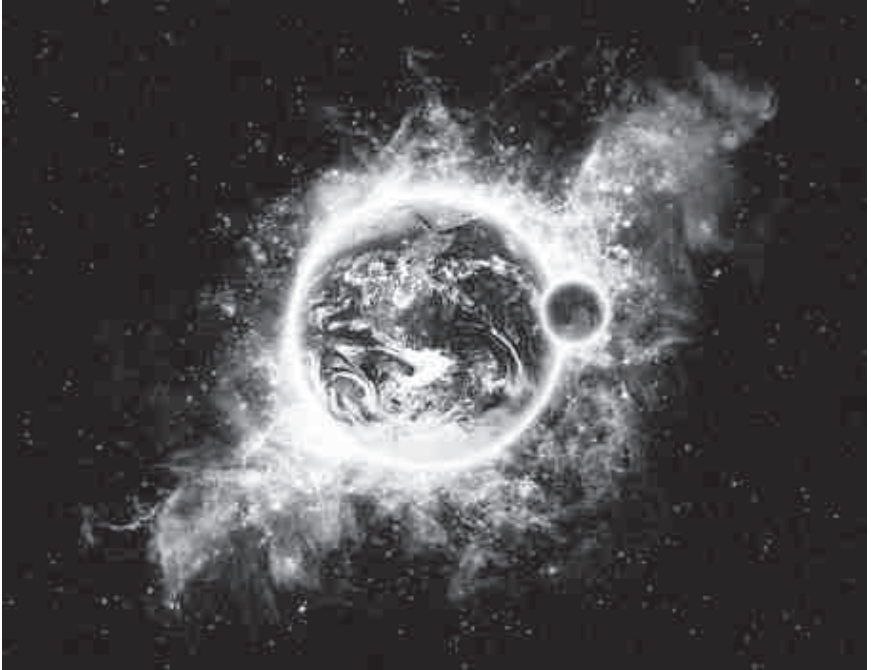
२. मिठाचे प्रमाण मोजणे

समुद्रातील मिठाच्या प्रमाणावरून आपण पृथ्वीचे वय मोजू शकतो अशी संकल्पना एडमंड हॅली यांनी १७१५ मध्ये मांडली. त्यांच्या मते समुद्रात सारे मीठ हे नद्यांद्वारे आणले जाते. तेव्हा आपण असे मानले की सुरुवातीला समुद्रात अजिबात मीठ नव्हते, तर आत्ताच्या मिठाच्या प्रमाणावरून आपण पृथ्वीच्या वयाची सहज गणना करू शकू. ह्या पद्धतीवरून पृथ्वीचे वय ८ कोटी ते १५ कोटी वर्षे असे निघाले. पण यात ही एक अडचण निर्माण झाली - भूवैज्ञानिकांच्या मते समुद्रात मीठ जमा होण्याबरोबरच ते

वाहून नेण्याचीही प्रक्रिया चालू असते. त्यामुळे शेवटी ही पद्धत वापरताच आली नाही.

३. अवसादनाचे प्रमाण

हीच अवस्था तयार होणाऱ्या खडकांच्या स्तरांबाबतही झाली. समुद्रात गाळ जमा होणे, त्यावर दाब पडून त्या गाळाचे खडक तयार होणे हे प्रक्रिया काही सरळ रेषेत होत नाही. खडक बनतात, त्यांचे क्षरण ही होते, परत समुद्रात गाळ जमतो, परत खडक बनतात. हे एक चक्रच आहे. १८व्या शतकात भूगर्भ-वैज्ञानिकांचे मत होते की समुद्राच्या तळाची खोली मोजून, नद्यांद्वारे आलेल्या गाळाचे प्रमाण बघून त्याआधारे



आपण सांगू शकू की हा गाळ जमायला किती वर्ष लागली. ह्या पद्धतीत दोन कमतरता होत्या. एक तर गाळ येण्याचे प्रमाण नेहमी सारखेच असेल असे नाही. दुसरं म्हणजे गाळ येण्याविषयी आपण विचार केला. पण तेथून गाळ वाहूनही नेला जातो हे विचारात घेतले गेले नाही.

खरं सांगायचं झालं तर प्रत्येक मांडणीमध्ये काही ना काही विरोधाभास निर्माण झाल्याचे दिसून येते. त्यामुळे ह्यांच्या आधारे पृथ्वीचे वय काढता येणे अशक्य होते.

४. काही आणखी प्रयत्न

- पृथ्वीच्या चुंबकीय क्षेत्राचा न्हास ही एक दिशा होती. पूर्वी असे मानले जात असे की पृथ्वीचे अति शक्तिशाली चुंबकीय क्षेत्र होते, जे हळूहळू कमी-कमी होत गेले आहे.
- पृथ्वी आणि चंद्रावर उल्कांच्या टकरीमुळे जमा झालेल्या धुळीचे प्रमाण (पृथ्वीवर उल्कांच्या टकरीमुळे निर्माण झालेली धूळ हवेमुळे सर्वत्र विखुरते. पण चंद्रावर मात्र हवा नसते, त्यामुळे ती धूळ तिथेच साठून रहाते. जर पृथ्वी व चंद्र एकाच वेळी निर्माण झाले असे मानले तर चंद्रावर साठलेली धूळ मोजून आपण त्याचे वय काढू शकू.)
- वातावरणात हेलियमचे प्रमाण इत्यादी.

ह्या सगळ्या पद्धतींवर पुष्कळ विवेचन झाले, पण प्रमुख मुद्दा असा आहे की आपण पृथ्वीचे वय काढण्यासाठी तिची प्रारंभिक स्थिती, अंतिम स्थिती आणि परिवर्तन प्रक्रिया ह्यांचा आधार घेणार असू, तर आपल्याला खात्री केली पाहिजे की मूळ स्थिती विषयीची गृहीते सर्वमान्य आहेत, प्रक्रियांचा वेग ठरवण्यासंदर्भात योग्य संशोधन झाले आहे, शिवाय इतर प्रक्रियांचा मूळ स्थितीवर आणि परिवर्तन प्रक्रियेवर कितपत प्रभाव पडतो हे लक्षात घेतलेले आहे.

ह्यानंतर आपण परत एकदा परमाणू विखंडन प्रक्रियेकडे वळू. केल्विनच्या उष्णतेवर आधारित प्रक्रियेच्या कल्पनेला ह्यामुळे नवी दिशा मिळाली. ह्या प्रक्रियेच्या शोधानंतर पृथ्वीवर उष्णतेचा आणखी एक स्रोत उपलब्ध आहे हे निष्पन्न झाले. ह्याबाबतीत पुढील संशोधनामुळे अनेक महत्त्वपूर्ण निष्कर्ष निघाले. त्यांचा संबंध पुरातन वस्तूंच्या प्राचीनतेशीही जोडला गेला आणि परमाणू-विखंडन हे पृथ्वीसकट सर्व वस्तूंचे वय जाणून घेण्याचे महत्त्वाचे साधन ठरले.

हिंदी शैक्षणिक संदर्भ अंक १०० मधून साभार



लेखक : सुशील जोशी, एकलव्यद्वारा संचालित स्रोत फीचर सेवेशी संबंधित आहेत. विज्ञान शिक्षण व लेखन ह्यांची आवड.

अनुवाद : मीना कर्वे



तारे जमीन पर

लेखक : अर्णव विश्वास आणि गुंजाकुमारी • अनुवाद : गो. ल. लोंढे

ग्रीष्म ऋतूतल्या संध्याकाळी, अंधार झाल्यावर थव्याने फिरणाऱ्या व मंद प्रकाशाने लुकलुकणाऱ्या कीटकांचे दर्शन तुम्हाला घडले आहे का? घराजवळच्या एखाद्या मैदानात/शेतात, त्या कीटकांना पकडण्यासाठी तुम्ही कधी त्यांच्यामागे धावलात का? या प्रश्नांना तुमचे उत्तर नकारार्थी असेल तर मी म्हणेल 'अरेरे! निसर्गाची जादुई करामत पाहण्याच्या सुवर्णसंधीला तुम्ही मुकलात!'

साधारण दहा एक वर्षांपूर्वी खेडोपाडी व शहरातसुद्धा संध्याकाळी अंधार पडल्यानंतर हे कीटक थव्याने दिसायचे.

पण आता पूर्वीइतके ते दिसत नाहीत. त्यांची संख्या आता घटत चालली आहे. म्हणूनच अभ्यासकांना त्याबद्दल काळजी वाटते.

कीटक

या मंदपणे लुकलुकणाऱ्या कीटकाला 'काजवा' असे म्हणतात. पण घोटाळा करून काजवे द्विपंखीही नाहीत किंवा अर्धपंखीही नाहीत ते वर्मपंखी गटातले भुंगे आहेत. काजव्याच्या पंखाचा पुढील भाग चामड्यासारखा असतो म्हणूनच त्यांचा समावेश द्विपंखी आणि अर्धपंखी गटात करता येत नाही. उडताना काजव्याला तोल

सांभाळण्यासाठी पंखाच्या पुढील भागाचा उपयोग करता येतो. काजव्याच्या पंखाचा मागील भाग पापुद्र्यासारखा असतो. त्याचा उपयोग काजव्याला इकडे तिकडे हालचाल करण्यासाठी होतो. 'लॅंपाइरिडी' काजवे कुळाशी या काजव्यांचा संबंध आहे. काजव्यांच्या जवळजवळ २००० प्रजाती आहेत. त्यापैकी पुष्कळशा प्रजातीचे काजवे उडू शकतात पण काही प्रजातींचे काजवे, व



खास करून त्यांच्या माद्या उडू शकत नाहीत. बहुतेक प्रजातींचे काजवे निशाचर असतात पण काही प्रजाती दिनचर असतात. उदाहरणार्थ - चमचमणारे 'एलीचायना' वंशाचे काजवे.

पूर्ण वाढ झाल्यानंतरची (प्रौढ) काजव्याची आयुष्यमर्यादा १ ते ३ आठवडे असते. नर काजव्याच्या शरीरातून विशिष्ट प्रकारे चमचमणारा प्रकाश बाहेर पडतो. त्याद्वारे तो त्याच्या जोडीदाराला शोधित असतो. जमिनीवर किंवा झाडाच्या पानावर असलेली काजव्याची मादीसुद्धा अगदी त्याच पद्धतीने प्रकाश निर्माण करून नर काजव्याला स्वतःकडे आकर्षून घेते. 'फोस्फेनस हेमिप्टेरस' या

प्रजातीच्या काजव्यांना मोठ्या मिशा असतात. या प्रजातीतला काजवा 'फेरोमोन'चा उपयोग करतो. त्यांच्या मिलनानंतर मादी जमिनीवर किंवा जमिनीच्या खाली अंडी घालते. तीन ते चार आठवड्यानंतर अंड्यांमधून अळ्या बाहेर पडतात. त्या अळ्याच काय, काजव्यांची अंडीसुद्धा मंद प्रकाशाने चमकत असतात





प्रकार 'फोटुरिस' वंशाच्या काजव्यांमध्ये आढळतो. या खास वंशाच्या काजव्याची मादी 'फोटिनस' वंशाच्या काजव्याच्या मादीच्या विशिष्ट प्रकारे चमचमण्याची अगदी सहीसही नकल

म्हणून काजव्याच्या अळ्यांना 'दीपकीटक' किंवा 'ग्लोवर्म' असं म्हणतात. परभक्षीयांपासून स्वतःला वाचविण्यासाठीच अळ्या प्रकाश उत्पन्न करीत असतात.

ग्रीष्म ऋतू संपेपर्यंत अळ्या भरपूर आहार घेतात. विशेषतः गोगलगायी, झाडाची साल, शंख, इतकेच काय तर दुसऱ्या अळ्या हे त्यांचे अन्न असते. काही प्रकारच्या अळ्यांना कल्ले असतात. त्या पाण्यात राहून पाण्यातील गोगलगायी खातात. नंतर थंडीच्या दिवसात त्या जमिनीवर किंवा झाडाच्या सालीत बिळे करून तेथे निष्क्रिय अवस्थेत राहतात. वसंत ऋतूत त्या निष्क्रिय अवस्थेतून बाहेर पडतात. कित्येक आठवडेपर्यंत आहार घेऊन नंतर त्या कोशावस्थेत जातात. व नंतर प्रौढ होऊन कोशातून बाहेर येतात. प्रौढ काजवे कोणता आहार घेतात हे माहीत नाही पण तज्ञांच्या मते ते फुलातील परागकण, मध वगैरे घेत असतील किंवा कदाचित आहार घेतही नसतील. काजव्यांच्या काही प्रजाती इतर प्रजातीचे काजवे खातात. बहुतेककरून हा

करते. अशा रीतीने फसवून भुलवलेला फोटिनस नर फोटुरिस मादीकडे आकर्षिला जातो. 'अंदरकी बात' म्हणजे नराची शिकार करण्यासाठी मादीने हे ढोंग केलेले असते. सहीसही नकल करण्याच्या या पद्धतीला 'फेम फेटल' असे म्हणतात. काजवा खायला बेचव असतो आणि काही काजवे तर विषारी असतात. परभक्षीयांचे आक्रमण झाले तर काजवे त्यांच्या शरीरातून बाहेर पडणाऱ्या फवाऱ्याचा शत्रूवर मारा करतात. त्या स्त्रावात ल्युसिबूफेजिन्स नावाचे विषारी रसायन असते. या क्रियेला 'प्रतिवर्ती स्रवण' किंवा 'रिफ्लेक्स ब्लिडींग' म्हणतात.

प्रकाश

'प्रकाशमान अंग समजल्या जाणाऱ्या एका विशिष्ट अवयवातून काजवे प्रकाश उत्पन्न करतात. हा अवयव काजव्याच्या पोटात खालच्या बाजूस असतो. या अवयवात ल्युसिफेरिन (रंगकारी) व ल्युसिफेरस (एक विकर - एंझाईम) ही दोन रसायने असतात. प्रत्येक सजीव पेशीला ऊर्जा उपलब्ध करून



देण्यासाठी, पेशीमध्ये A.T.P. नावाचा पदार्थ असतो. ल्युसिफेरिन आणि एटीपी यामध्ये अभिक्रिया झाली असता प्रकाश उत्पन्न होतो. ही अभिक्रिया एंझाइमुळे उत्प्रेरित होते. या अभिक्रियेस 'जैवप्रतिदीप्ति' असे म्हणतात. या अभिक्रियेमुळे उत्पन्न होणाऱ्या प्रकाशाला 'शीत प्रकाश' असे म्हणतात. एका साधारण प्रतीच्या विद्युत दीप (बल्ब) मधून १०% ऊर्जा उष्णतेच्या रूपाने बाहेर पडते व १०% ऊर्जा प्रकाशाच्या रूपाने बाहेर पडते. म्हणून विद्युतदीप पेटला की तो काही मिनिटातच गरम होतो. ऊर्जेच्या बाबतीत ट्यूबलाईट जास्त कार्यक्षम असते. त्यातील ६०% ऊर्जा प्रकाशरूपाने बाहेर पडते. तुलना केली तर याबाबतीत काजवा सर्वात जास्त कार्यक्षम असतो. त्याच्यापासून जवळजवळ १००% ऊर्जा प्रकाशात रूपांतरित होते व उष्णता उत्पन्न होत नाही, म्हणूनच

काजव्याच्या प्रकाशाला 'शीतल प्रकाश' असे म्हणतात. त्या प्रकाशाचा रंग हिरवा, हिरवट पिवळा किंवा फिकट लाल असतो, त्याची तरंग लांबी ५१० ते ६७० नॅनोमीटर असते.

काजवे जोडीदार शोधण्यासाठी या लुकलुकणाऱ्या मंद प्रकाशाचा उपयोग करतात. प्रत्येक प्रकारच्या प्रजातीच्या काजव्याचा लुकलुकण्याचा प्रकार वेगळा असतो. त्यामुळे नर काजवे स्वतःच्या प्रजातीच्या मादीला आकर्षित करतात. आपल्या वसाहतीच्या क्षेत्राची मर्यादा निश्चित करण्यासाठी आणि शत्रूंना पळवून लावण्यासाठी सुद्धा काजवे आपल्या



चमचमणाऱ्या मंद प्रकाशाचा प्रयोग करतात. अळी व अंडी प्रकाशाचा उपयोग परभक्षीयांना पळवून लावण्यासाठी करतात.

आग्नेय आशिय व उत्तर अमेरिकेत विशिष्ट जातीचे काजवे आढळतात. ते विशिष्ट नमुन्याचा प्रकाश उत्सर्जित करतात. एकाच ठिकाणी व एकाच वेळी हजारो काजवे त्याच नमुन्याचा प्रकाश उत्सर्जित करतात. निसर्गात दिसणारी ही एक अदभूत आवर्ती क्रिया आहे. आग्नेय आशियातील खारफुटी

काजवे उपद्रवी नाहीत. ना ते पिकावर येतात, ना माणसाला चावतात. त्यांच्या शरीरात ल्यूसिफेरीन व ल्यूसिफरेज ही रसायने असतात. A.T.P. च्या सान्निध्यात ही रसायने प्रकाश निर्माण करतात. प्रत्येक सजीव पेशीत ठराविक प्रमाणात A.T.P. असते. हे प्रमाण जर भिन्न असेल तर पेशीमध्ये काहीतरी गडबड आहे असा संकेत मिळतो. म्हणून वैद्यक शास्त्रात या दोन रसायनांचा प्रयोग कॅन्सर व गाठी तयार होण्यासारख्या आजारांचा शोध घेण्यासाठी केला जातो. ही रसायने कृत्रिम पद्धतीने तयार करून उपयोगात आणली जातात. अंतरिक्ष संशोधनात अंतरिक्षातील जीवांचे अस्तित्व या रसायनांचा प्रयोग केल्याने समजू शकते.

वनांमध्ये वर्षभर, आणि अमेरिकेतील ग्रेट स्मोकी पर्वतावर जूनमध्ये अशा प्रकारचे काजवे दिसू शकतात. अशा प्रकारे चमकणाऱ्या फोटिनस पाइरॅलिस नावाच्या काजव्यांच्या प्रजाती आसाम येथील काझीरंगा राष्ट्रीय उद्यानात दिसू शकतात.

हे सर्व काजवे एकाच वेळी प्रकाशमान कसे काय होतात, हा अजूनही शोधाचा विषय आहे. वैज्ञानिकांच्या मते एक काजवा चमचम करू लागला की त्याच्या शेजारील काजवाही त्याच रीतीने चमचमतो. प्रत्येक काजव्याला समूहाच्या सुरात सूर मिळवण्याची प्रेरणा मिळते. शेवटी सगळेच काजवे एकाच वेळी चमकू लागतात.

वसाहत

उबदार व ओलसर जागा काजव्यांना राहायला आवडतात. अंटार्क्टिकाशिवाय सगळ्याच महाद्वीपांवर काजव्यांच्या वसाहती आढळतात. दलदलीचे क्षेत्र, जुने वृक्ष आणि पानाच्या पाचोळ्याचा ढीग अशा ठिकाणी राहायला काजव्यांची प्रथम पसंती असते. प्रौढ काजव्यांना नद्या, तलाव, काटेरी झाडे झुडपे यांच्या आसपास उडणे आवडते. कारण त्यांच्या माद्या झुडुपांच्या पानांवरच राहतात. काजवे कोरड्या जागी कधीच राहत नाहीत.

काजवा हा एक जैव संकेतक आहे. त्यांच्या संख्येतील घसरण पर्यावरणातील गडबड सुचवते.

काजवे नाहीसे का होत आहेत?

काजवे हे आपल्या पर्यावरणातून नाहीसे होत आहेत हे जरी आपल्याला ठाऊक असले तरी सामान्य जनता या घटनेकडे पाहिजे तितके लक्ष देत नाही हे दुर्दैव आहे. काजव्यांच्या घटत जाणाऱ्या संख्येची अनेक कारणे आहेत. त्यातील जास्तीत जास्त कारणे मानवाशी संबंधित आहेत. त्यापैकी काही-

१) वसाहतींची दुर्दशा : काजव्यांची संख्या घटण्याचे हे सर्वात महत्त्वाचे कारण आहे. खेड्यात आणि शहरात सुरू असलेल्या नियोजनरहित बांधकामामुळे काजव्यांना आपली वसतीस्थाने नाईलाजाने सोडावी लागतात. वनभूमीचे कृषिभूमीत रूपांतर होणे हेही एक कारण आहे. त्यामुळेही काजव्यांची वसतीस्थाने नष्ट होतात. ईशान्य भारतात डोंगरांवर शेती करण्यासाठी डोंगराकडेचे वृक्ष तोडून जाळून नष्ट केले जातात. या क्रियेत फक्त काजव्यांच्या वसाहतीच नष्ट होतात असे नाही, तर शीतनिद्रा अवस्थेत असलेल्या काजव्यांच्या अळ्या सुद्धा नष्ट होतात. त्यामुळे त्या क्षेत्रातील काजवे पूर्णपणे नाहीसे होतात.

२) रसायनांचा अतिवापर : पीक भरपूर यावे म्हणून रासायनिक खते व रासायनिक कीटकनाशकांचा अतिरेकाने वापर होतो. त्यामुळे काजव्यांची सुद्धा हानी होते तसेच पिकांवर पडलेले कीटकनाशक प्रौढ काजवे व अळ्यांच्या संपर्कात येते व

त्यांचाही नाश होतो.

३) प्रकाश प्रदूषण : आपल्या चमचमणाऱ्या प्रकाशामुळे काजवे एकमेकांच्या संपर्कात येत असतात. शहरी विभागातील कृत्रिम प्रकाशामुळे काजव्यांच्या चमकण्याच्या क्रियेत अडथळा येतो. घरातून, गल्ली-बोळ्यातून रस्त्यावरून येणारा कृत्रिम प्रकाश, तसेच कृत्रिम प्रकाश पुरवणारी इतर साधने काजव्यांवर 'संचारबंदी'च आणतात. विशेषतः या संचारबंदी मुळे काजव्यांना आपला जीवनसाथी शोधता येत नाही. अर्थातच त्यामुळे पुढच्या पिढीत जन्माला येणाऱ्या काजव्यांची संख्या कमी होत जाते. पंजाब विद्यापीठाचे प्रोफेसर एन् कुमार यांनी २०११च्या टाईम्स ऑफ इंडियामध्ये एक अहवाल प्रसिद्ध केला होता. त्यात त्यांनी स्पष्ट केले होते की काजव्यांची संख्या कमी होण्याला मुख्यतः कृत्रिम प्रकाशच कारणीभूत होत आहे.

४) उन्हाची दाहकता व वातावरणातील शुष्कता : प्रदूषण, तसेच पर्यावरणात होणारे बदल अशा ठिकाणी काजवे तग धरू शकत नाहीत. खूप पावसाचा मारा, जोरदार वारे, थंडीचा कडाका आणि कमालीची उष्णता यामुळे त्यांना जगणे मुश्कील होते. कारखान्यांमधून बाहेर पडणारा धूर इतकेच काय तर ध्वनिप्रदूषणही काजव्यांना सहन होत नाही.



ब्लॉगही तयार केला. त्यात काजव्यांच्या स्थानिक प्रकाराचा व्हीडीओ उपलब्ध आहे.

अमेरिकेतील टफ्ट्स विद्यापीठ; फिचबर्क विद्यापीठ व बोस्टन संग्रहालय या तिघांनी एकत्र येऊन 'फायरफ्लाय वॉच' नावाचा दशवर्षीय प्रकल्प सुरू केला. आसपास दिसणाऱ्या काजव्यांची माहिती अपलोड करून कोणीही माणूस या योजनेत भाग घेऊ शकतो.

काजव्यांना वाचवण्यासाठी काय करावे ?

सर्वात पहिली गोष्ट, आपण कृत्रिम प्रकाश देणाऱ्या साधनांचा कमीत कमी वापर करवा. शक्य असेल तर बागेत किंवा लॉनवर दिवे लावू नयेत. सडलेले लाकूड, पालापाचोळा, दमटपणा यावर काजव्यांच्या अळ्यांचे चांगले पोषण होते. म्हणून घराच्या मागच्या बाजूला अळ्यांच्या वाढीला पोषक वातावरण तयार करावे. त्यांना जैविक खाद्य मिळू द्यावे.

काजव्यांचे जीव वाचविण्यासाठी

गोवा विद्यापीठाचे डॉ. नंदकुमार कामत यांनी २०११ साली काजवे वाचवण्यासाठी 'सेव्ह फायरफ्लायज ऑफ गोवा' नावाचे जागरूकता अभियान सुरू केले. त्यांनी एक

आणि दुसऱ्याने अपलोड केलेली कोणतीही माहिती स्वतःच्या प्रयोगासाठी वापरू शकतो. ही योजना यशस्वीपणे कार्यान्वित झालेली आहे. (हौशी वैज्ञानिकांतर्फे अथवा इतर नागरिकांतर्फे पूर्णकालीन किंवा अर्धवेळ वैज्ञानिक संशोधन कार्य चालते) नागरिक विज्ञान योजनेत विज्ञानप्रेमी लोक अंशकालीन किंवा पूर्ण वेळ काम करतात. या प्रकल्पावर firefly.org वेबसाईट चालू आहे यावरून डेटा संकलन व ते अपलोड करण्याच्या पद्धती लोकांना सुचवल्या जातात.

dreams 2047 मधून साभार



लेखक - अर्णव विश्वास आणि गुंजाकुमारी
हिंदी अनुवाद - रूपेंद्र शर्मा
मराठी अनुवाद - गो. ल. लोंढे, निवृत्त प्राचार्य

निसर्गाची भूमिती

लेखक : प्रियदर्शिनी कर्वे

गणितज्ञांनीही काहीसे बाजूला सारलेल्या एका गणितीच्या डोक्यातून एक भन्नाट विचार निघतो. या विचाराने खगोलशास्त्रापासून शरीरशास्त्रापर्यंत, शेअर मार्केटपासून मोबाईल फोनच्या तंत्रज्ञानापर्यंत, आणि डिझायनर कपड्यांपासून ॲनिमेशन चित्रपटांपर्यंत वेगवेगळ्या क्षेत्रांवर ठसा उमटतो. एखाद्या विज्ञान कादंबरीत शोभण्यासारखी ही सत्यकथा आहे, बेन्वा मांडेलब्रोट या गणितज्ञाची.

डोंगरांचे आकार, पानाफुलांचे आकार, समुद्रकिनाऱ्यांचे आकार, लाटांचे आकार, ढगांचे आकार.. निसर्गातले हे अनेक आकार आपल्याला मोहवून टाकतात. पण बेन्वा मांडेलब्रोट यांना या आकारांमागची भूमिती दिसली. याला त्यांनी फ्रॅक्टल भूमिती असे नाव दिले. १७ व्या दशकात पुढे आलेल्या या संकल्पनेने गेल्या चाळीस-वर्षांत

माणसाला नवी दृष्टी दिली आहे, असे म्हटले तर अतिशयोक्ती होणार नाही.

दुसऱ्या महायुद्धात जर्मनांच्या ताब्यात असलेल्या फ्रान्समध्ये रहाणाऱ्या ज्यूंसाठी मृत्यूची टांगती तलवार सतत डोक्यावर होती. अशा परिस्थितीत तारुण्यात प्रवेश केलेल्या बेन्वा यांना इतरांबद्दल विश्वास वाटत नसे. त्यामुळे आपल्या बुद्धीवर प्रत्येक गोष्ट पारखून

घेण्याची त्यांना सवय लागलेली होती. गणितातील पीएच. डी. पूर्ण केल्यानंतर त्यांनी काही काळ अध्यापन करण्याचा प्रयत्न केला, पण तो त्यांचा पिंड नव्हता. याच सुमाराला अमेरिकेत आयबीएम कंपनीने जगभरातल्या वेगवेगळ्या क्षेत्रातल्या बुद्धिदिवंतांना आपल्याकडे येण्याचे आमंत्रण दिले. ही संधी बेन्वा यांनी साधली.



संगणकांच्या क्षमतेची बेन्वा यांच्या प्रतिभेला साथ मिळाल्यामुळे फ्रॅक्टल्सचे दृश्य रूप त्यांना जगापुढे मांडता आले.

फ्रॅक्टल भूमिती ही तसे पाहिले तर काहीशी अमूर्त संकल्पना आहे. पण सामान्य माणसालाही कळू शकेल अशा पद्धतीने ही संकल्पना 'फ्रॅक्टल्स हंटिंग द हिडन डायमन्शन' या यूट्यूबवर असलेल्या माहितीपटात मांडलेली आहे.

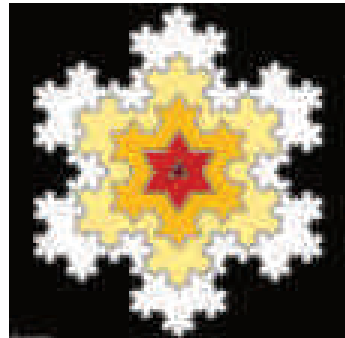
संकेतस्थळ आहे - <https://www.youtube.com/watch?v=s65DSz78jW4>

रेषा ही एकमितीय आकृती आहे, चौरस ही द्विमितीय, तर चौकोनी ठोकळा ही त्रिमितीय. एक आणि दोन याच्या मधली, किंवा दोन आणि तीन याच्या मधली मिती असलेल्या आकृत्या कशा दिसतील? अशा अपूर्णाक मिती असलेल्या आकृती म्हणजे फ्रॅक्टल्स. एका विशिष्ट मर्यादितपलिकडे हाताने या आकृत्या काढणे अवघड जाते, पण संगणकाच्या सहाय्याने हे सहजसाध्य होते (कसे हेही माहितीपटात प्रत्यक्ष पहा) सहसा मानवनिर्मित वस्तूंची रचना युक्लिडच्या भूमितीय आकारांवर आधारित असते. पण

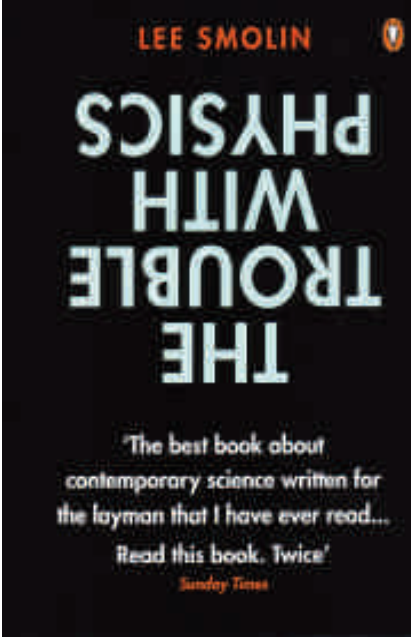


डोंगर, ढग, इ. नैसर्गिक रचनांमागे ही फ्रॅक्टल भूमिती आहे, हा विचार मांडेलब्रोट यांनी मांडला. निसर्गाच्या भूमितीचे जनक म्हणून ते ओळखले जातात, ते याच कारणांमुळे.

माहितीपटामध्ये मांडेलब्रोट स्वतः तसेच या संकल्पनेचा वापर करून आपापल्या क्षेत्रात पायाभूत काम करणारे इतर अनेक नामवंत या संकल्पनेच्या प्रवासाचे एकेक पदर उलगडत जातात. गणिती विषयावरचा हा साधारण पंचेचाळीस मिनिटांचा माहितीपट अक्षरशः एका जागी खिळवून ठेवतो. गणितातले सौंदर्य आणि वरकरणी अमूर्त वाटणाऱ्या संकल्पनांचे उपयोगित्व या दोन्ही गोष्टी या माहितीपटातून अगदी सहजपणे आणि परिणामकारकरित्या पुढे येतात. गणित, विज्ञान, तंत्रज्ञान, इ. विषयांच्या शिक्षकांनी आणि विद्यार्थ्यांनी एकत्रितरित्या हा माहितीपट जरूर पहावा, आणि त्यातील बारकाव्यांवर चर्चा करावी.



लेखक : प्रियदर्शिनी कर्वे,
समुचित एन्हायरोटेक संस्थेच्या संस्थापक संचालक.
priyadarshini.karve@gmail.com



The Trouble with Physics या नावाचे एक पुस्तक वाचनात आले. लेखक ली स्मोलीन हे गेली तीसेक वर्षे भौतिकीच्या क्षेत्रात संशोधन करीत आहेत. संशोधन आणि अध्यापन या गोष्टींचे एकमेकींशी घट्ट नाते असते, त्या वेगळ्या काढता येत नाहीत. या वैज्ञानिकाला सध्या या क्षेत्रात एक साचलेपण आल्याचे दिसतेय. आणि त्याची कारणे त्यांनी या पुस्तकात मांडली आहेत. प्रस्तावनेत त्यांनी मांडलेला भाग आपण संदर्भच्या वाचकांपर्यंत आणायलाच हवा असे वाटले.

या दुनियेत परमेश्वर असेल किंवा नसेलसुद्धा. पण आपला जो सत्याचा शोध चालू असतो, त्यात काहीएक उदात्त उमदेपण असते. सत्याच्या शोधाचे जे जे मार्ग मानवाने अनुसरले, त्या प्रत्येक मार्गात मानवी संस्कृतीचे प्रतिबिंब पाहायला मिळेल. कुणाला पूजाअर्चा, प्रार्थना, समाधीसाधन यात समाधान लाभते, कुणाला समाजाची सेवा करण्यात लाभते, तर काही नशीबवान बुद्धिमंतांना कलेच्या साधनेत.

मानवी आयुष्यातले सर्वात सखोल प्रश्न सोडवण्याचा आणखी एक मार्ग आहे

विज्ञानाचा. प्रत्येक वैज्ञानिकाला काहीतरी नवा शोध लागतोच असे नाही, बहुतेकांना लागतही नाही. पण प्रत्येक विज्ञानशाखेत, त्या त्या क्षेत्रात मूलभूत सत्य काय आहे ते शोधण्याची आस असलेले कुणीतरी असतातच. ते गणिती असतील तर त्यांना संख्यांच्या गुणधर्मांबद्दल, त्यांच्या एकमेकांशी असलेल्या नात्याबद्दल कुतूहल असते. ते जीवशास्त्रज्ञ असले, तर त्यांना जीवन म्हणजे काय, त्याचा आरंभ झाला तरी कसा हे जाणून घ्यायचे असते. ते भौतिकशास्त्रज्ञ असतील, तर हे जग

अस्तित्वात कसे आले, त्यातल्या काळ आणि अवकाशाबद्दल सारे काही समजावून घ्यायचे असते. हे सगळेच मूलभूत प्रश्न कठीण असतात. त्यांची उत्तरे थेटपणे मिळतही नाहीत. अगदी थोडक्याच शास्त्रज्ञांना त्यामागे लागण्याचा धीर असतो. उत्तरे मिळण्याची शक्यता फारच कमी असली, तरी ती मिळाली तर त्यांनी ही दुनियाच बदलून जाते.

या दुनियेबद्दल जाणून घेणे हेच त्यांचे काम असल्याने, वैज्ञानिक दिवसेंदिवस माहीत नाही त्याच्याच मागे लागलेले असतात. शिवाय जे त्या त्या क्षेत्रात पायाभूत काम करतात, त्यांना नक्की कल्पना असते की, आत्ता ज्या तत्त्वांनी / सिद्धांतांनी विज्ञानाचा पाया उभारलेला आहे, ती तत्त्व, ते सिद्धांत उद्या बदलूही शकतात; भले सर्वजण तसे समजत नसतीलही! (...)

गेल्या २०० वर्षात वैज्ञानिक क्षेत्रामध्ये या विश्वाच्या नियमांबद्दलची आपली समज झपाट्याने विस्तारली. (ती १९७० सालापाशी थबकलेली आहे. त्याचा थोडा आढावा घेऊया.) (...)

१७८० च्या सुमारास अंतोनी लॅवोजीयेच्या quantitative chemistry मधील प्रयोगातून पदार्थाच्या अक्षय्यतेचा अंदाज आलेला होता. न्यूटनचे गति आणि गुरुत्वाकर्षणाचे नियम समजून १०० वर्षे झाली होती. मात्र संशोधनाला सारे आकाश मोकळे

होते. पदार्थ, प्रकाश, उष्णता, शिवाय विद्युत आणि विद्युतचुंबकत्व ही गूढ क्षेत्रे हळूहळू स्पष्ट होऊ लागली होती.

पुढच्या पंचवीसेक वर्षात या क्षेत्रात मोठे शोध लागले. प्रकाश हा तरंगस्वरूप आहे हे समजले. विद्युतभारित कणांच्या दरम्यानचे जोर कसे असतात याचे नियम समजले. जॉन डाल्टनच्या अणुसिद्धांतानुसार पदार्थाबद्दलचे ज्ञान सखोल झाले. ही संकल्पना नव्याने मांडली गेली. प्रकाशाचे व्यतिकरण व विवर्तन (interference and diffraction) यातून तरंगरूप स्पष्ट झाले. विद्युत, चुंबकत्व आणि विद्युतरोध यांचा संबंध समजला.

१८३० ते १८५५ दरम्यान बऱ्याच मूलभूत संकल्पना उदयाला आल्या. क्षेत्र आणि त्यातले जोर असे नाते मायकेल फॅडेने मांडले. त्याने मांडलेला विद्युतक्षेत्र आणि चुंबकत्व यातील संबंध मॅक्सवेलने पुढे नेला. विद्युत-सिद्धांतानंतर प्रकाशाचे विद्युत-तरंग असे स्वरूपही त्याने स्पष्ट केले. १८६७ मध्ये त्याने पदार्थाचे वायुरूपातील वर्तन अणुसिद्धांतानुसार असते हे दाखवून दिले.

रुडॉल्फ क्लॉसियसने अवक्रममाप (entropy) ही संकल्पना मांडली.

१८८० ते १९०५ दरम्यान इलेक्ट्रॉन आणि क्ष किरणांचा शोध लागला. उष्णतेच्या प्रारणाचा अभ्यास करताना पुढच्या टप्प्यात मॅक्स प्लँकचे समीकरण

तयार झाले. यातूनच पुढे पुंज सिद्धांताने
क्रांती घडवली.

१९०५ मध्ये आइन्स्टाइनने स्पेशल
थिअरी ऑफ रिलेटिव्हिटी मांडली. (विशिष्ट
सापेक्षतेचा सिद्धांत) (...)

अवक्रममाप किंवा एन्ट्रॉपी

उष्मगतिकीच्या दुसऱ्या नियमानुसार कोणत्याही व्यवस्थेत रेण्वीय पातळीवर असणाऱ्या
बेशिस्तीचे मापक म्हणजे एन्ट्रॉपी. कोणतीही व्यवस्था जर सातत्याने ऊर्जेचा पुरवठा
होत नसेल, तर पूर्ण बेशिस्तीकडे किंवा अस्ताव्यस्तपणाकडे जाते. रेणूंना शिस्तबद्ध
रचनेत बांधून ठेवण्यासाठी ऊर्जेची गरज पडते. उदा. बर्फाच्या ठोकळ्यामध्ये पाण्याचे
रेणू शिस्तबद्ध रचनेत बसलेले असतात. बर्फ याच स्वरूपात ठेवण्यासाठी त्याचे
तापमान शून्य अंश सेल्सिअसलाच ठेवावे लागते, आणि यासाठी ऊर्जा खर्च करावी
लागते. जर बर्फाचा ठोकळा फ्रीजमधून बाहेर काढून नुसताच ठेवला (त्याला गार
ठेवण्यासाठी ऊर्जा पुरवणे बंद केले), की त्याच्या रेणूंची अस्ताव्यस्तता वाढते आणि
बर्फाचे पाणी बनते.

(शै. संदर्भ अंक ९६ व ९७ मधील उष्मगतिकीच्या दुसऱ्या नियमावरील लेख पाहावेत.)

मॅक्सवेलचे विद्युतचुंबकत्वाचे नियम आणि आईनस्टाईनचा विशिष्ट सापेक्षता सिद्धांत

मॅक्सवेलने विद्युतचुंबकत्वाचे गुणधर्म
चार गणिती सूत्रांच्या सहाय्याने मांडले.
या सूत्रांमागच्या गणितात शिरणे शालेय
पातळीसाठी अवघड आहे, पण ही चार
सूत्रे काय सांगतात, हे शब्दांतही विशद
केले जाऊ शकते.

१. एखाद्या क्षेत्रातून बाहेर पडणारा
विद्युतीय क्षेत्राचा प्रवाह हा त्या क्षेत्रातल्या
एकूण विद्युतभाराच्या घनतेइतका असतो.
विद्युतभाराची घनता म्हणजे धन व ऋण
भारांतील फरक भागिले त्या क्षेत्राची घनता.

२. कोणत्याही क्षेत्रातून बाहेर पडणारा

चुंबकीय क्षेत्राचा प्रवाह हा शून्य असतो.
म्हणजेच कोणत्याही क्षेत्रात जितके दक्षिण
ध्रुव असतात तितकेच उत्तर ध्रुवही
असतात, चुंबकीय ध्रुव हे नेहमी जोडीनेच
असतात, एकेकटे सापडत नाहीत.

हे पहिले दोन नियम विद्युतीय आणि
चुंबकीय क्षेत्रांचे दोन मूलभूत गुणधर्म
सांगतात. तिसरा आणि चौथा नियम हे
विद्युतीय क्षेत्र आणि चुंबकीय क्षेत्र यांचे
परस्परांशी असलेले नाते सांगतात.

३. एखाद्या क्षेत्रातील चुंबकीय
क्षेत्र बदलते असेल, तर त्या क्षेत्रात

विद्युतधारा वाहू लागते.

४. जर एखाद्या क्षेत्रातील विद्युतीय क्षेत्र बदलते असेल, तर त्या क्षेत्रात बदलते चुंबकीय क्षेत्र निर्माण होते.

या दोन गणिती सूत्रांची एकत्र मोट बांधली असता असे दिसते, की अवकाशात विद्युतीय (चुंबकीय) क्षेत्रात हालचाल निर्माण झाली, तर काळाबरोबरही विद्युतीय (चुंबकीय) क्षेत्र विशिष्ट पध्दतीने बदलते. एका प्रकारच्या क्षेत्रातली हालचाल दुसऱ्या प्रकारचे क्षेत्रही पैदा करते, म्हणजेच यातून अवकाशातून काळाबरोबर वाहत जाणारी विद्युतचुंबकीय लहर निर्माण होते. या लहरीचा वेग (प्रकाशाचा वेग) हा या गणिती सूत्रानुसार एक स्थिरांक आहे.

आईनस्टाईनने मांडलेला विशिष्ट सापेक्षता सिध्दांत दोन नियमांवर आधारित आहे.

१. एकमेकांसापेक्ष स्थिर गतीने प्रवास करणाऱ्या निरीक्षकांसाठी पदार्थविज्ञानाचे सर्व नियम सारखेच आहेत.

२. अवकाशामध्ये प्रकाशाचा वेग सर्व निरीक्षकांसाठी सारखाच असतो, आणि प्रकाशाच्या उगमाच्या हालचालीवर अवलंबून नसतो.

वरकरणी साध्या वाटणाऱ्या या नियमांमागे फार मूलभूत विचार आहे.

जेव्हा प्रकाश लहरींचा शोध

लागला, त्या आधी माहीत असलेल्या सर्व लहरी (उदा. ध्वनी) या माध्यमाशिवाय वाहू शकत नव्हत्या. त्यामुळे सूर्याकडून पृथ्वीवर येणाऱ्या प्रकाशलहरीही कोणत्यातरी माध्यमातून वाहत असल्या पाहिजेत, असा निष्कर्ष काढला जाणे स्वाभाविक होते. या माध्यमाला ईथर असे नाव दिले गेले. पण त्यामुळे ईथरमध्ये बसलेला निरीक्षक आणि ईथरच्या सापेक्ष वेगवेगळ्या स्थिर वेगांनी प्रवास करणारे निरीक्षक या दोन गटांसाठी पदार्थविज्ञानाचे नियम वेगवेगळ्या पध्दतीने मांडावे लागत होते. न्यूटनच्या गतिविषयक नियमांना ईथरचे अस्तित्व मानण्यामुळे काही फार फरक पडत नव्हता, पण मॅक्सवेलने केलेली विद्युतचुंबकीय लहरींची गणिती मांडणी यामुळे अडचणीत येऊ लागली. अनेक प्रयोग करूनही ईथरचे अस्तित्व सिध्द करणारा कोणताच पुरावाही समोर येईना. त्यामुळे आईनस्टाईनने आपल्या पहिल्या तत्त्वाद्वारे ईथरचे अस्तित्वच मोडीत काढले.

न्यूटनच्या गतिकीच्या सिध्दांतात काळ हा सर्व निरीक्षकांसाठी स्थिरांक मानलेला होता. पण यामुळे मॅक्सवेलच्या समीकरणांमध्ये अडचण निर्माण होत होती. आईनस्टाईनने प्रकाशाचा वेग हा स्थिरांक मानल्यास ही अडचण दूर होते हे दाखवून दिले.



ली स्मोलीन

गतीची सापेक्षता आणि मॅक्सवेलच्या विद्युत आणि चुंबकत्वाच्या नियमांची सुसंगती कशी दाखवायची, हा प्रश्न आइन्स्टाइनने सोडवला.

रसायने हीसुद्धा न्यूटनच्या अणुसिद्धांतानुसार वागतात, हे त्याने सिद्ध केले. अणूंचा आणि प्रकाशाचा संबंध त्याने दाखवून दिला. आणि त्याच प्रक्रियेत असे स्पष्ट झाले की, प्रकाश जसा तरंगस्वरूप आहे, तसाच कणांच्याही रूपात / पुंजरूपातही आहे.

१९३० मध्ये त्याने जनरल थिअरी ऑफ रिलेटिव्हिटी (सापेक्षतेचा सिद्धांत)ही क्रांतिकारी कल्पना मांडली. त्यातून स्पष्ट केले की अवकाशाची भूमिती / आकार हा काळाबरोबर बदलत जातो.

तरंग आणि कण अशा दोन्ही स्वरूपात प्रकाश अस्तित्वात असतो, ही कल्पनादेखील आतापर्यंत पुंज सिद्धांतामध्ये विकसित झाली होती. यातूनच अणू, पदार्थ,

प्रारण, रसायनशास्त्र या साऱ्यांचे तपशीलवार ज्ञान झाले.

या विश्वात आपल्यासारख्याच असंख्य आकाशगंगा आहेत, आणि हे विश्व सतत प्रसारण पावत चालले आहे हे आपल्याला कळून चुकले होते.

सामान्य सापेक्षतेचा सिद्धांत आणि पुंज सिद्धांत याबरोबर विसाव्या शतकातल्या क्रांतीचा पहिला टप्पा पार पडला होता.

१९५५ मध्ये आइन्स्टाइन मृत्यू पावले. तोपर्यंत विशिष्ट सापेक्षतेचा सिद्धांत आणि पुंज सिद्धांत यांची प्रत्येक ठिकाणी सांगड कशी घालायची ते आपण शिकलो होतो. फ्रीमन डायसन आणि फाईनमन यांच्या संशोधनामुळे हे शक्य झालं होतं. न्युट्रॉन आणि न्युट्रिनोसारखे शेकडो सूक्ष्मकण सापडले होते. निसर्गातल्या लक्षावधी प्रक्रिया केवळ पुढील शक्तींमुळे घडतात-विद्युत चुंबकत्व, गुरुत्व, आण्विक (अणुकेंद्र बांधून ठेवणारे सशक्त बंध, आणि रेडिओऑक्टिव प्रारण ज्यामुळे होते, ते शबल बंध) हे समजले होते.

आणखी पंचवीसेक वर्षात, १९८० पर्यंत सूक्ष्मकणांच्या संदर्भात जे जे प्रयोग झाले होते, त्या सगळ्याचं स्पष्टीकरण देणारे सिद्धांत आपल्याकडे तयार होते. उदा. अणूचे standard मॉडेल. यातले प्रोटॉन आणि न्युट्रॉन कार्कपासून बनलेले असतात, ग्लुऑनमुळे ते एकत्र राहतात, वगैरे. मूलभूत

भौतिकीच्या इतिहासात प्रथमच प्रायोगिक आणि सैद्धांतिक विज्ञान हातात हात घालून चालले होते. अजूनही या मॉडेलच्या विरोधी किंवा सामान्य सापेक्षतेच्या सिद्धांताविरोधी काही सुचवणारे प्रयोग झालेले नाहीत.

अतिसूक्ष्माकडून अतिभव्य वस्तूपर्यंत ज्ञानाचा परीघ रुंदावला. विश्वउत्पत्तीशास्त्रात बिग बॅंग थिअरी सर्वमान्य झाली. आपल्या विश्वात फक्त तारे आणि आकाशगंगाच नव्हेत, तर न्युट्रॉन तारे, क्वासार, सुपरनोव्हा, आणि कृष्णविवरांसारख्या अद्भुतरम्य वस्तू आहेत, हे समजले. स्टीफन हॉकिंगने कृष्णविवरातून सुद्धा उत्सर्जन होत असले पाहिजे हेही भाकीत केले होते. खगोलशास्त्रज्ञांना विश्वामध्ये मोठ्या प्रमाणात कृष्णपदार्थ (black matter) असल्याचे पुरावे मिळाले होते. या पदार्थातून प्रकाश बाहेर तर येत नाहीच, पण त्यावरून परावर्तितसुद्धा होत नाही.

१९८१ मध्ये विश्वउत्पत्ती शास्त्रज्ञ अॅलन गुथ यांनी मांडले की विश्व जन्मानंतर ताबडतोब ते सर्व दिशांना प्रसरण पावले असणार. हे विश्व सर्व दिशांना सारखेच दिसते, त्याचे हे कारण आहे. सुरुवातीला या भाकिताबद्दल सर्वजण साशंक होते, पण २००० नंतर यासाठीचे पुरावे हाती येऊ लागलेत.

अशा रीतीने १९८१ पर्यंत २०० वर्षात भौतिकीचा विकास प्रचंड वेगाने झाला.

सिद्धांत आणि प्रयोग एकमेकांना पुष्टी देत गेले. पण त्यानंतर? क्वार्कच्या आणि लेप्टॉनच्या शोधानंतर म्हणण्याजोगे काहीही सापडलेले नाही. खरं तर दोन गोष्टी प्रयोगांमधून सापडलेल्या आहेत - एक तर न्युट्रिनो कणांना वस्तुमान असते आणि दुसरे म्हणजे विश्वभरात एक गूढ कृष्ण ऊर्जा dark energy भरून राहिली आहे.

पण याचे कारण कुठल्याही सिद्धांतानुसार स्पष्ट करता येत नाही. म्हणजे यामागचे कोणतेतरी महत्त्वाचे सत्य आम्हाला समजलेले नाही. गेला पूर्ण काळ शास्त्रज्ञांनी केवळ माहित असलेल्या सिद्धांताचे उपयोजन वेगवेगळ्या क्षेत्रात कसे, कुठे करता येईल ते शोधून काढण्यात घालवलेले आहेत. पदार्थाचे गुणधर्म, जीवशास्त्रामागचे रेणूविज्ञान, ताऱ्यांच्या प्रचंड समूहांचे चलन या सर्व क्षेत्रात उपयोजन होत गेलेले आहे. अवकाशातली प्रचंड निरीक्षणे घेतली गेली, कणत्वरक वापरून अनेक प्रयोग झाले, त्यामुळे आधी मांडलेल्या सिद्धांतांना पुष्टी मिळाली आहे.

पण, निसर्गाचे कोणतेही गूढ नव्याने उकलले गेले नाही. जे काही थोडे या काळात घडले, ते गेल्या २०० वर्षांच्या तुलनेत तर काहीच नव्हते. अचानक भौतिकीच्या क्षेत्रात काय बिघडले आहे? कशामुळे? ते दुरुस्त करता येईल का? हा माझ्या पुस्तकाचा विषय आहे.



संख्या शिकवण्यात आकृतीबंध (पॅटर्न) आणि खेळाची भूमिका

लेखक : शैलेश शिराळी • अनुवाद : ज्ञानदा गद्रे-फडके

पूर्वेतिहास

संख्येची संकल्पना गणितात अतिशय महत्त्वाची आहे, तरीसुद्धा ह्या संकल्पनेचे मूळ कशात आहे, हे आपल्याला कधीच कळणार नाही. कारण ही संकल्पना अतिशय प्राचीन आहे. जनावरांच्या व्यापाराच्या इ. नोंदी ठेवण्यासाठी ताळ्याच्या पद्धतीचा वापर मानवाने खूप पूर्वीपासून सुरू केला असला पाहिजे. पण म्हणजे नक्की केव्हापासून? हे मात्र आपल्याला कदाचित कधीच कळणार नाही. ९६० मध्ये बेल्जियन कॉंगोमध्ये २०,००० वर्षांपूर्वीचे इशांगो हाड सापडले. ह्या हाडाचा लागलेला अतिशय महत्त्वाचा शोध असे सुचवतो की गणितीय विचारपद्धतीची बीजे आपल्याला वाटले होते त्यापेक्षाही बऱ्याच मागच्या काळात रोवली गेली असली पाहिजेत, कारण ह्या हाडावर

खोदलेल्या ताळ्याच्या खुणांचा विशिष्ट पद्धतीने तयार केलेला गट दिसतो, ह्या गटात एक गणितीय आकृतीबंध दिसतो (२, ४, ८ असा दुप्पटीचा क्रमही असल्यासारखे वाटते). पण अजून पुरावा मिळेपर्यंत, हा एक अंदाजच ठरेल. अधिक माहितीसाठी विकीपेडिया पाहा.

ताळ्याच्या खुणांची पद्धत कदाचित ५०,००० वर्षे जुनी असू शकते, अगदी आजही आपण मोजण्यासाठी विविध संदर्भात ही पद्धत वापरतो. उदाहरणार्थ: वर्गातली निवडणूक.

दहा पाया असलेली संख्या पद्धत :

सध्या आपण वापरत असलेल्या - पाया दहा असलेल्या म्हणजेच दशमान पद्धतीचा उगम प्राचीन पद्धतीमध्ये आहे. प्राचीन काळी

बैबिलोनियन लोक ६० च्या घाताची पद्धत वापरत असत. ह्या पद्धतीच्या खुणा अजूनही आपल्याला दिसतात. आपल्या मिनिटात ६० सेकंद असतात, एका तासात ६० मिनिटे असतात, एका डीग्रीत ६० मिनिटे असतात (कोनीय मापनासाठी). नंतर इजिप्शियन लोकांनी दहाच्या घातावर आधारित पद्धत विकसित केली. ह्या पद्धतीत १० पासून दशलक्षापर्यंतचे दहाचे घात त्या संख्येच्या विशिष्ट चिन्हाने दर्शवलेले असत. पण ही पद्धत आणि आपली पद्धत ह्यात एक अतिशय महत्त्वाचा फरक आहे - त्या पद्धतीत शून्यासाठी चिन्ह नाही.

शून्यासाठी चिन्ह नसलेल्या पद्धतीमध्ये दोन दोष आहेत. २ दशक आणि ३ एकक दाखवण्यासाठी वापरली जाणारी २३ ही संख्या आणि २ शतक आणि ३ एकक दाखवणारी २०३ ही संख्या - अशा संख्यांचा ह्या पद्धतीत गोंधळ होतो. शून्याचे चिन्ह नसताना २ म्हणजे २ शतक, २ दशक नव्हे, हे दाखवण्यासाठी काहीतरी मार्ग असण्याची गरज आहे. हे दाखवता येऊ शकते पण तसे करणे बरेच कष्टदायक आहे. ह्यापेक्षा मोठी अडचण म्हणजे आकडेमोड बरीच कठीण होते आणि गणितात प्रगती करणे अवघड होऊन बसते.

ग्रीक लोकांकडे शून्यासाठी चिन्ह नव्हते आणि त्यामुळे ज्या प्रकारे भूमितीचा विकास त्यांनी केला आणि त्यात अत्युच्च

शिखर गाठले, त्या प्रकारची मजल गणित आणि अंकगणितात ते मारू शकले नाहीत, ह्यात काही आश्चर्य वाटायला नको. शून्याचे चिन्ह आणि शून्य वापरायचे नियम भारतात पहिल्यांदा अस्तित्वात आले. (बहुदा पाचव्या शतकाइतक्या प्राचीन काळात) आर्यभट्ट, ब्रह्मगुप्त, महावीर, भास्कराचार्य - द्वितीय आणि इतर अनेक गणितज्ञांनी भारतात गणित आणि अंकगणित अतिशय प्रभावी पद्धतीने विकसित केले, हा योगायोग नक्कीच नव्हता.

दुसरीकडे, प्राचीन भारतीयांनी भूमितीच्या अभ्यासात फारशी प्रगती केली नाही. विशेष गोष्ट म्हणजे ज्या शाखेत बीजगणिताच्या पद्धती आणि विश्लेषण भूमितीत नैसर्गिकपणे प्रवेश करतात - ती शाखा म्हणजे त्रिकोणमिती भारतात जन्माला आली. (आर्यभट्टाचे, इसवीसन पाचव्या शतकातील काम)

अमूर्त वर्गीकरण आणि

संख्येची संकल्पना

आपल्या मेंदूमध्ये एक असामान्य क्षमता आहे - ती म्हणजे संकल्पना तयार करण्याची क्षमता; वस्तूंच्या किंवा घटनांच्या समूहामधून सामायिक वैशिष्ट्ये आणि समान गुणधर्म बाजूला काढण्याची क्षमता. हीच क्षमता भाषेच्या विकासाला कारणीभूत ठरली आणि ह्याच क्षमतेमुळे आपल्याला संख्यांचा

शोध लागला. म्हणजे काय? हे समजून घेण्यासाठी एखाद्या संख्येचा विचार करा. समजा, ३ ही संख्या घेतली. ३ ही वस्तू आहे का? ती कुठे शोधता येईल का? नाही शोधता येणार; पण आपल्या मेंदूची वस्तूंच्या समूहात तीनपणा शोधण्याची क्षमता आहे: तीन बोटे, तीन पक्षी, मांजरीची तीन पिळे, कुत्र्याची तीन पिळे, तीन माणसे - ह्या सगळ्यामध्ये असलेले सामायिक वैशिष्ट्य म्हणजे - तीन असण्याचा गुणधर्म. आपल्या मेंदूच्या रचनेतच ही क्षमता अंतर्भूत आहे. तशी जर नसती तर, आपण कधीही संख्येची संकल्पना शिकू शकलो नसतो. (किंवा खरेतर अशी कुठलीच संकल्पना शिकू शकलो नसतो, कारण कोणतीही संकल्पना म्हणजे खरेतर अमूर्त वर्गीकरणच असते.) ताळ्याच्या खुणांसारख्या मापनाच्या अतिशय सोप्या पद्धतीमध्ये सुद्धा - वस्तूंचा समूह आणि ताळ्याच्या खुणांचा संच ह्यांच्यात १-१ संबंध निर्माण करताना आपला मेंदू अमूर्त वर्गीकरणाची नैसर्गिक क्षमता दाखवतो : विविध वस्तूंचे तपशील मुद्दाम दुर्लक्षित करून आणि त्यांना स्वतंत्र अस्तित्त्व नसल्याचे मानून.

ही अंतर्दृष्टी येण्याला अध्यापनशास्त्राच्या दृष्टीने महत्त्व आहे कारण कुणीतरी अतिशय समर्पक म्हटले आहे की, संकल्पना वेचल्या जातात, शिकवल्या जात नाहीत. वस्तूंच्या समूहाशी प्रत्यक्ष संपर्क

आल्यावर आपल्या मेंदूत संकल्पना तयार होतात. हे नक्की कसे होते, हे अजूनही नीटसे कळलेले नाही. पण सॉक्रेटीसची एक टिप्पणी मला आठवते. (शिक्षकाची भूमिका प्रसूतीला मदत करणाऱ्या सुईणीसारखी असते.)

बीजगणिताचा शोध म्हणजे अमूर्त वर्गीकरणाच्या दिशेत अजून एक वरची पायरी आहे. म्हणजे काय हे समजून घेण्यासाठी संख्यांचा हा क्रम बघूया:

$$१ + ३ = ४, ३ + ५ = ८,$$

$$५ + ७ = १२, ७ + ९ = १६,$$

$$९ + ११ = २०.$$

आपल्याला त्यात असलेला पॅटर्न उघडच दिसतो आहे. दोन क्रमवार विषम संख्यांची बेरीज नेहेमी ४ च्या पटीत असते. हे विधान सर्व शक्यतांची यादी करून पडताळून पाहता येत नाही - कारण ह्या संख्यांची संख्या खूपच जास्त आहे - अनंतापर्यंत आहे. पण आपण बीजगणिताच्या पद्धती वापरू शकतो. फक्त ह्या निरीक्षणाला बीजगणिताच्या विधानांच्या स्वरूपात लिहावे लागेल. $(२५ - १) + (२५ + १) = ४५$; ह्या विधानाने आपले निरीक्षण लगेचच सिद्ध करता येते. हीच बीजगणिताची ताकद आहे आणि अमूर्तपणाची ताकद आहे आणि ही ताकद आपल्या मेंदूमध्ये अंगभूत आहे.

संख्यांचे आकृतिबंध

मेंदूचे अंगभूत असलेले दुसरे वैशिष्ट्य म्हणजे

खेळण्याची इच्छा आणि क्षमता. बऱ्याचशा सस्तन प्राण्यांमध्ये ही क्षमता असलेली दिसते - आपण छोट्या पिल्लांची खेळण्याची पद्धत पाहतो आणि मांजरीची - कुत्र्याची किंवा माकडाची छोटी पिल्ले खेळत असताना पाहतो. जेव्हा आपले खेळाचे प्रेम आणि संख्यांची संकल्पना तसेच आकृतीबंधांचे प्रेम एकत्र येते तेव्हा गणिताचा जन्म होतो. कारण गणित हे मुळात आकृतीबंधांचे शास्त्र आहे.

गणितातील खेळाचा भाग लक्षात घेणे महत्त्वाचे आहे. कारण आपल्याला वारंवार गणिताच्या उपयोगाबद्दल सांगितले जाते, आपल्या आयुष्याच्या वेगवेगळ्या भागात गणिताला किती महत्त्वाचे स्थान आहे आणि आपल्या करीअरमध्ये गणित किती महत्त्वाचे आहे, हे आपण ऐकत असतो. पण त्यातील खेळाचा भाग ह्या दृष्टिकोनात दुर्लक्षिला जातो; आणि गणित हा सर्वांना माहिती असला पाहिजे असा एक बंधनकारक विषय बनतो. त्यातून ह्या विषयाबरोबर असलेले दीर्घकालीन भीतीदायक नाते तयार होते.

प्राचीन काळापासून बॅबिलोन, ग्रीस, चीन, भारत ह्या देशांमध्ये आकृतीबंधांबद्दल आणि संख्यांशी संबंधित भौमितिक

आकारांबद्दल मोठे आकर्षण होते. ह्यातूनच संख्यांच्या कुटुंबांचा जन्म झाला - मूळ संख्या, त्रिकोणी संख्या, वर्ग संख्या आणि इतर संख्या.

ह्या संदर्भात आकृतीबंध म्हणजे काय हे आपण बघूया. १, २, ३, ४, ५, ६, ७, ८ ह्या मोजण्याच्या संख्यांना आपण दोन गटात विभागतो. विषम संख्या (१, ३, ५, ७, ९, ११, ...) आणि सम संख्या (२, ४, ६, ८, १०, १२, ...).

आपण जर विषम संख्यांची बेरीज करत राहिलो तर आपल्याला काय मिळते?

$$१,$$

$$१ + ३ = ४,$$

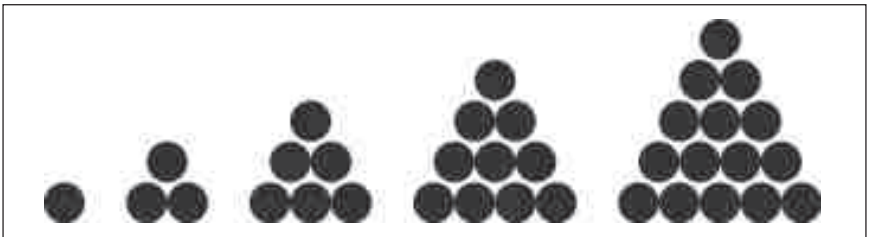
$$१ + ३ + ५ = ९,$$

$$१ + ३ + ५ + ७ = १६,$$

$$१ + ३ + ५ + ७ + ९ = २५.$$

अरे, आपल्याला वर्ग संख्यांची यादीच मिळाली.

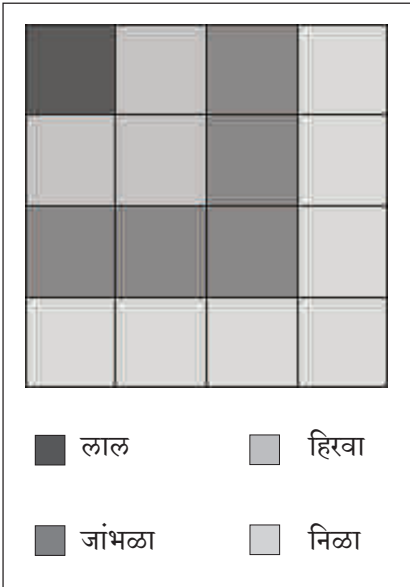
क्रमागत विषम संख्यांची बेरीज आणि वर्ग संख्या ह्यांच्यातील संबंध दाखवण्याचा एक चांगला मार्ग आहे. आपल्याला करायचे आहे ते एवढेच की खालच्या चित्राचे निरीक्षण करायचे. हा गुणधर्म त्रिकोणी



संख्यांच्या एका गुणधर्माच्या अगदी जवळचा आहे : १, ३, ६, १०, १५, २१, २८, ३६, ४५, ५५, हा १, १ + २ = ३, १ + २ + ३ = ६, १ + २ + ३ + ४ = १० इ. क्रमवार संख्यांच्या बेरजेतून तयार झालेला क्रम आहे. ह्या संख्यांना त्रिकोणी संख्या असे म्हणतात, कारण ह्या संख्याशी त्रिकोणी आकाराचा संबंध आपण लावू शकतो.

खाली दिलेल्या आकृतीत एकच लाल चौरस आहे. जेव्हा त्याच्या बाजूनी आपण तीन हिरवे चौरस लावतो, तेव्हा, एकत्रितपणे ही आकृती म्हणजे २ गुणिले २ चा चौरस तयार होतो. म्हणून आपल्याला १ + ३ म्हणजे २ वेळा २ मिळते.

आपण पाच जांभळे चौरस वाढवले तर, आपल्याला ३ गुणिले ३ चा चौरस



मिळेल; म्हणून $१ + ३ + ५ = ३$ वेळा ३. आपण जर सात निळे चौरस वाढवले तर, आपल्याला ४ गुणिले ४ चा चौरस मिळेल. म्हणून $१ + ३ + ५ + ७ = ४$ गुणिले ४. आणि हीच प्रक्रिया आपण पुढे पुढे करत जाऊ शकतो.

ह्यात त्रिकोणी संख्यांना वर्ग संख्यांशी (१, ४, ९, १६ इत्यादी) जोडणारे दोन वैशिष्ट्यपूर्ण गुणधर्म आहेत आणि हे गुणधर्म मुले सहजपणे शोधून काढू शकतात :

१. दोन क्रमागत त्रिकोणी संख्यांची बेरीज वर्ग संख्या असते. उदाहरणार्थ :

$$१ + ३ = ४,$$

$$३ + ६ = ९,$$

$$६ + १० = १६,$$

२. जर त्रिकोणी संख्येची आठपट करून त्यात १ मिळवला तर आपल्याला वर्ग संख्या मिळते. उदाहरणार्थ :

$$(८ \times ३) + १ = २५,$$

$$(८ \times ६) + १ = ४९,$$

$$(८ \times १०) + १ = ८१.$$

हे असे छान नाते का आहे? विचार करण्यासाठी चांगला प्रश्न आहे ना?

इथे अजून एक वेगळा आकृतीबंध दिला आहे. कोणत्याही तीन क्रमवार संख्या घ्या, उदाहरणार्थ ३, ४, ५. मधल्या संख्येचा वर्ग करा; आपल्याला १६ ही संख्या मिळेल. टोकाच्या दोन संख्यांचा गुणाकार करा; आपल्याला ३ गुणिले ५ म्हणजे १५ ही

संख्या मिळेल. तुमच्या लक्षात आले असेलच की $16 - 15 = 1$; म्हणजेच मिळालेल्या दोन संख्यात १ चा फरक आहे. अजून एखाद्या तीन क्रमवार संख्यांवर हे करून बघा. उदाहरण म्हणून ७, ८, ९ घेऊ. ८ चा वर्ग ६४, ७ गुणिले ९ म्हणजे ६३ आणि $64 - 63 = 1$; पुन्हा एकदा आपल्याला ह्या दोन संख्यांमधला फरक १ च मिळाला. हा आकृतीबंध असाच सुरु राहील का? हो. आणि बीजगणिताच्या मदतीने ते दाखवणे अतिशय सोपे आहे पण त्याहीपेक्षा असा विचार करा की संख्यांशी खेळणाऱ्या छोट्या मुलांना हे शोधल्याचा केवढा आनंद मिळेल!

१, १, २, ३, ५, ८, १३, २१, ३४, ५५, ह्या सुप्रसिद्ध फिबोनासी क्रमामध्ये आपल्याला ह्याच प्रकारचा पण अधिक किचकट आकृतीबंध मिळतो. इथे प्रत्येक संख्या ही आधीच्या दोन संख्यांची बेरीज आहे.

(उदा. $8 = 3 + 5$) आपण आधी केलेली आकडेमोड ह्या श्रेणीबरोबर करून बघूया. २, ३, ५ ह्या तीन संख्या घेतल्या तर, ३ चा वर्ग ९ आणि २ गुणिले ५ म्हणजे १०. वर्ग संख्या उरलेल्या दोन संख्येच्या गुणाकारापेक्षा १ ने लहान आहे. ३, ५, ८ ह्या संख्या विचारात घेतल्या तर, ५ चा वर्ग २५, आणि ३ गुणिले ८ म्हणजे २४; आता वर्ग संख्या दोन संख्यांच्या गुणाकारापेक्षा १

ने मोठी आहे. ५, ८, १३ ह्या तीन संख्या घेतल्या तर ८ चा वर्ग आहे ६४, आणि ५ गुणिले १३ केले की मिळतात ६५, आणि हे असेच चालू राहते - वैशिष्ट्यपूर्ण असा एकआड एक आकृतीबंध.

आपण जर चार सलग फिबोनासी संख्यांचा अभ्यास केला तरी सुद्धा आपल्याला तशीच गोष्ट लक्षात येते. उदाहरणार्थ १, २, ३, ५. टोकाच्या दोन संख्यांचा गुणाकार आहे ५ आणि मधल्या दोन संख्यांचा गुणाकार आहे ६; म्हणजे उत्तरात १ चा फरक आहे. संख्यांचा अजून एक गट घेऊया: ३, ५, ८, १३. टोकाच्या दोन संख्यांचा गुणाकार आहे ३९ आणि मधल्या दोन संख्यांचा गुणाकार आहे ४०; पुन्हा एकदा १ चा फरक. आणि हा एकआड एक आकृतीबंध असाच सुरु राहतो. आश्चर्य म्हणजे निसर्ग सुद्धा फिबोनासी क्रम वापरणे योग्य समजतो. विविध फुलांच्या पाकळ्यांची संख्या आपण मोजली तर लक्षात येईल की ही संख्या सामान्यपणे फिबोनासी संख्या असते. सूर्यफुलाच्या मध्यभागातील परागकणांच्या वर्तुळाकार मांडणीच्या रचनेचा अभ्यास करा. घड्याळाच्या काट्याच्या दिशेत आणि घड्याळाच्या काट्याच्या विरुद्ध दिशेत अशी ती वर्तुळे असतात. तुमच्या लक्षात येईल की प्रत्येक प्रकारच्या वर्तुळातील परागकणांची संख्या म्हणजे फिबोनासी संख्या आहे. आपल्याला जसे

आकृतीबंध आवडतात तसे निसर्गालासुद्धा! काही वर्षांपूर्वी मी 'आकृतीबंध आणि गणिताची ताकद' नावाचे एक पाठ्यपुस्तक वाचले होते. पुस्तकासाठी हे चांगले शीर्षक आहे. कारण गणित हा सगळा विषय आकृतीबंधांचाच आहे आणि त्यामुळेच ह्या विषयाला त्याची ताकद मिळते; पण त्याहीपेक्षा महत्त्वाचे - ह्या वैशिष्ट्यामुळे आपल्याला गणित हा विषय मुळात शिकावासा वाटतो.

मोठ्या संख्या, छोट्या संख्या

संख्या बऱ्याच असतात आणि मग त्यात काही संख्या मोठ्या असतात. मुलांना स्वाभाविकच मोठ्या संख्या आवडतात आणि बरीच मुले स्वतःच शोधून काढतात की शेवटची संख्या अशी कुठलीही नाही. आपण कितीही मोठी संख्या सांगितली तरी, त्यात एक मिळवला की अजून मोठी संख्या मिळते. बऱ्याच वर्षांपूर्वी मला एका विद्यार्थिनीने सांगितले होते की पुन्हा पुन्हा दोनने भागून ती अगदी लहान लहान अपूर्णांक मिळवू शकते; इतक्या छोट्या संख्या असू शकतात ह्यावर तिचा विश्वासच बसत नव्हता! हा शोध तिने स्वतः लावला होता आणि त्याचा तिला अतिशय आनंद झाला होता.

प्राचीन काळात भारतीयांना मोठ्या संख्या आवडत असत आणि खाली दिलेल्या

उदाहरणावरून ही आवड तुम्हाला दिसेल. मी जर तुम्हाला अशी एक वर्ग शोधायला सांगितली की जी दुसऱ्या एका वर्ग संख्येची दुप्पट आहे तर तुम्ही कधीच अशी संख्या मिळवण्यात यशस्वी होणार नाही. (का? त्याच्यामागे एक छानशी गोष्ट आहे, पण त्याच्या तपशीलात आता आपण जाऊ शकत नाही.) त्यामुळे आपण आपला प्रश्न थोडासा बदलूया : अशी एक वर्ग संख्या सांगा की जी दुसऱ्या एका वर्ग संख्येच्या दुप्पटीत एक मिळवल्यावर येईल. आता आपल्याला बरीच उत्तरे मिळतील; उदाहरणार्थ : ९ आणि ४ ह्या वर्ग संख्या आहेत आणि $९ - (२ \times ४) = १$.

ह्या प्रकारची अजूनही काही उत्तरे मिळतील:

$$२८९ - (२ \times १४४) = १$$

$$९८०१ - (२ \times ४९००) = १$$

जर आपण दुप्पट ऐवजी पाचपट हा शब्द वापरला तर आपल्याला ह्याची अजूनही काही उत्तरे मिळतील.

$$८१ - (५ \times १६) = १,$$

$$(१६१ \times १६१) - (५ \times ७२ \times ७२) = १,$$

आणि अशाप्रकारे आपण पुढे जाऊ शकतो. सातव्या शतकात, ब्रह्मगुप्ताने विचारले की पाचपट ह्या शब्दाऐवजी एकसष्टपट हा शब्द वापरला - तर आपल्याला उत्तर मिळेल काय? ह्या प्रश्नासाठी सर्वात लहान उत्तर म्हणजे खरोखरच एक अतिशय मोठी संख्या

होती - तरीसुद्धा ब्रह्मगुप्ताने हे उत्तर शोधून काढले :

$$(१७६६३१९०४९ \times १७६६३१९०४९) - (६१ \times २२६१५३९८० \times २२६१५३९८०) = १$$

हे उत्तर बरोबर आहे की नाही तपासून पाहा!

मला वाटते, हे उत्तर कधी शोधले तो काळ फार महत्त्वाचा आहे. तेरा शतकांपूर्वी भारतीय लोक अशा प्रकारचे प्रश्न विचारत होते! खूप पूर्वीपासून, सर्व मानवी संस्कृत्यांमध्ये संख्यांचे हे प्रेम दिसून येते. कुणीही त्यापासून दूर राहिलेला नाही.

पण नंतर एक विचित्र गोष्ट घडते. ज्याला आपण खेळ म्हणून सुरुवात केली, त्याला पंख फुटतात आणि त्याचे एका प्रगल्भ विषयात रूपांतर होते. वस्तू, सजीव आणि वित्त - ह्या प्रत्यक्ष जगातल्या विषयांसाठी वापरला जाऊ शकणारा आंतरिक एकसंधपणा आणि ताकद ह्यामुळे हा विषय प्रगल्भ ठरतो. अशा प्रकारची झेप इतिहासात बऱ्याच वेळा घडली आहे आणि कुणालाच माहिती नाही की ती कधी आणि का घडली; पण तसे होते हे खरे आहे. कदाचित ही आपल्याला देवाची देणगी असावी.

(पण आपण ही देणगी जशी वापरायला हवी तशी नेहेमीच वापरत नाही; गणितीय पद्धतींच्या ताकदीचा वापर बॉम्ब, आण्विक पाणबुड्या आणि इतर विध्वंसक अस्त्रे बनवण्यासाठी सुद्धा केला गेला.)

शेवट

गणितातील आकृतीबंध आणि खेळ ह्या बदलचे अनेक विषय आपण समोर आणू शकतो.

- जादूचे चौरस (दिलेल्या ९ संख्यांना ३×३ च्या चौरसात बसवणे किंवा दिलेल्या १६ संख्यांना ४×४ च्या चौरसात अशाप्रकारे बसवणे की सर्व उभ्या - आडव्या - तिरक्या ओळीतील संख्यांची बेरीज समान येईल); ह्या प्रकारच्या गोष्टी केवळ संख्यांतील सुंदर नातेच समजावून सांगत नाहीत तर हा अभ्यास करताना सममिती सुद्धा शिकता येते.

- क्निग्टॅरीदम्स (ज्या उदाहरणात संख्यांच्या ऐवजी अक्षरे वापरली आहेत अशी गणिते सोडवणे; उदाहरणार्थ; $ON + ON + ON + ON = GO$; अशा प्रकारच्या उदाहरणांच्या अभ्यासातून गणितातील अनेक चांगल्या गोष्टींची अंतर्दृष्टी मिळते.

- २ च्या वेगवेगळ्या घाताच्या संख्यांतील आकड्यांचा आकृतीबंध (२ च्या घाताच्या क्रमवार संख्यांच्या एकक स्थानातील आकड्यांची यादी करा; तुमच्या काय लक्षात येते? आता हीच गोष्ट ३ च्या घाताच्या संख्यांसाठी करून पाहा; तुमच्या काय लक्षात येते?)

ही सर्व उदाहरणे संख्या ह्या विषयाशी

निगडीत आहेत, पण हे तत्त्व उघड प्रकारे भूमितीपर्यंत वाढवता येते. रांगोळी आणि कोलम; कागदांच्या घड्या घालणे; वर्तुळापासून बनवलेल्या रचना इत्यादी.

अशा प्रकारच्या कृतींच्या बरोबरीने शिक्षक, 'गणिताचा समाजात काय उपयोग आहे?', अशा प्रकारच्या विषयावर सहकारी शिक्षक आणि विद्यार्थी ह्यांच्या बरोबर चर्चा घडवून आणू शकतात. उदाहरणार्थ: गणिताचा विध्वंसक कारणासाठी वापर ह्याबद्दलचे प्रश्न किंवा गणिताचा वापर कधी करणे योग्य आहे ह्या सारख्या अधिक दोबळ विषयांवर किंवा 'गणितासाठी संबंधित कामांना समाज का पाठिंबा देईल?' अशा विषयांवर चर्चा घडवता येईल. शेवटी बऱ्याच कलाकारांना त्यांच्या कलेसाठी आश्रयदाते किंवा ग्राहक मिळतात पण गणितज्ञांना उपजीविकेसाठी प्रमेये विकता येत नाहीत! धोरणकर्ते गणिताकडे उपयुक्त साधन म्हणून पाहतात का आणि ह्या क्षेत्रातील लोकांना गणित शिकवून किंवा गणितात उपयुक्त काम करून, उपजीविका मिळवता येईल ह्यासाठी सक्षम करतात का? उपयुक्ततेची भावना आपल्याला योग्य वापराच्या प्रश्नाकडे घेऊन जाते. अशा प्रकारचे प्रश्न सामान्यपणे गणिताच्या वर्गात योग्य मानले जात नाहीत, पण चर्चा आणि चौकसपणा ह्यांचा संस्कृतीमध्ये प्रसार होण्यात ह्याला नक्कीच स्थान आहे.

आपण इथे सगळ्या गोष्टींची परिपूर्ण यादी करू शकत नाही - तसे करणे शक्यही नाही कारण ही खूपच मोठी यादी होईल आणि सारखी वाढत राहणारी अशी ही यादी आहे. पण, इथे आपण आकृतीबंध आणि खेळ ह्याला गणित शिकवण्यात अध्यापनशास्त्र आणि मानसशास्त्र ह्या दोन्ही दृष्टीने खूप महत्त्व आहे, ह्यावर भर देऊ इच्छितो.

जेव्हा आपण गणित हा एक जड आणि गंभीर विषय म्हणून अगदी हुशार लोकांसाठी राखीव ठेवतो आणि अतिशय मोठ्या स्पर्धात्मक वातावरणात तो वापरतो, तेव्हा आपण खूप मोठी संधी गमावतो. असे करताना आपण अनेकांना गणिताच्या अनुभवापासून वंचित ठेवतो.

Learning Curves या अझीम प्रेमजी फाउंडेशनच्या पुस्तकातून साभार. ■■

लेखक : शैलेश शिराली, ऋषी व्हॅली शाळेच्या कम्युनिटी मॅथ्स सेंटरचे प्रमुख आहेत. १३-१९ वर्षांच्या वयोगटातील गणितात रस असलेल्या मुलांसाठी त्यांनी गणितविषयक अनेक पुस्तके लिहिली आहेत. पदवीचे शिक्षण घेणाऱ्या मुलांसाठी चालवल्या जाणाऱ्या विज्ञानविषयक 'रेझोनन्स' ह्या मासिकाचे ते संपादक आहेत. तसेच भारतातील गणित ऑलीम्पियाड चळवळीशी ते निगडीत आहेत. त्यांच्याशी shailesh_shirali@rediff.com ह्या पत्त्यावर आपण संपर्क करू शकता.

अनुवाद : ज्ञानदा गट्टे-फडके, संगणक अभियंता आहेत. भाषांतराची आवड असल्यामुळे मुक्त भाषांतरकार म्हणून काम करतात.



गूगलक्रोमः भविष्यातील संगणक कार्यप्रणाली ?

लेखक : वीणा कुलकर्णी • अनुवाद : संजीवनी आफळे

आजच्या पिढीसाठी इंटरनेट हे असे नवीन साधन आहे की ज्यामुळे समाजातील आपली राहणी आणि एकमेकांशी वागण्याची पद्धतच बदलून गेली आहे. इंटरनेटने आपल्याला एकमेकांशी संपर्क करण्याचा नवीनच मार्ग उपलब्ध करून दिला आहे. शिवाय या आधुनिक वाचनालयात तुम्ही कोणत्याही क्षेत्रातली हवी ती माहिती त्वरित मिळवू शकता. इंटरनेट तुम्हाला mouse च्या काही क्लीकद्वारे निरनिराळी कामे पूर्ण करण्यास मदत करते. जर तुम्ही तुमचा बराचसा वेळ इंटरनेटवर माहिती शोधण्यात घालवत असाल तर गूगल क्रोम कार्यप्रणाली तुम्हाला वापरता यायला हवी.

निरनिराळे Browser वापरणाऱ्या लोकांसाठी क्रोम ओएस प्रणाली उपयुक्त

आहे. गूगलने जुलै २००९ मध्ये क्रोम ओएस ही प्रणाली बाजारात आणली. यामध्ये applications आणि user data एकत्रित क्लाउडमध्ये ठेवले जातात.

(‘क्लाउड संग्रह’ म्हणजेच cloud storage हे माहिती संग्रहित करण्याचे एक प्रारूप आहे; यामध्ये अंकीय माहिती तर्कशुद्ध पद्धतीने साठवली जाते. हा संग्रह अनेक संगणकीय सेवाकेंद्रे (servers) व अनेक ठिकाणांहून वापरता येऊ शकतो.)

नोव्हेंबर २००९ मध्ये त्यावेळचे गुगलचे उपाध्यक्ष सुंदर पिचाई यांनी एका माहिती परिषदेमध्ये या संगणक प्रणालीची झलक दाखवली. क्रोम ओएस ही लिनक्स (Linux) वर आधारित आहे आणि ती web applications आणि installed

applications दोन्हीबरोबर काम करू शकते. विकसक (developers) या प्रणालीचे नियम (codes) बदलू शकतात आणि त्यांची स्वतःची प्रतिरूपेही (versions) बनवू शकतात. यानंतर ही प्रणाली सगळ्यात नवीन प्रतिरूपासाठी आपोआप अद्ययावत (update) केली जाते.

ज्या लॅपटॉपमध्ये क्रोम ओएस प्रणाली आहे त्यांना क्रोमबुक्स असे म्हणतात. जेव्हा हे संगणक इंटरनेटला जोडले जातात तेव्हा ते क्लाउडवर असलेले बहुतेक applications आणि documents वापरून काम करू शकतात. यामुळे त्यांची memory कमी असलेली चालते. क्रोमबुक्स हे गुगलच्या applications साठी optimize केलेले असतात.

क्रोम ओएसची ठळक वैशिष्ट्ये:

१. वेगवान सुरुवात : क्रोम ओएस प्रणाली असलेला संगणक स्वतःच्या memory मध्ये कोणतेही applications साठवून ठेवत नाही. त्याचप्रमाणे त्यामध्ये फक्त तांत्रिक भाग असतात. या दोन्हीमुळे संगणकाला सुरु होताना मोठ्या तपास-सूचीतून जावे लागत नाही. आणि यामुळे हे संगणक टी.व्ही. (television) प्रमाणे ३-४ सेकंदामध्ये सुरु होतात.
२. मूलभूत सुरक्षा : या प्रणालीचा संगणक चालवणारा भाग ROM मध्ये

प्रस्थापित असतो आणि बाकीचे भाग क्रोम ब्राऊजरबरोबर जोडलेले असतात. संपूर्ण सामग्री (data) क्लाउडमध्ये साठवली जाते. यामुळे संगणकीय विषाणू तुमची सामग्री आणि applications नष्ट करू शकत नाहीत. त्यामुळे इतर प्रणालींना लागते तशी संगणकीय विषाणू प्रतिबंधक प्रणालीची गरजच पडत नाही.

३. X86 आणि ARM architecture या दोन्ही processor साठी नियम (native code) लिहिण्याचे गुगलने मान्य केले आहे.
४. Microsoft office documents, वर्ड, Excel आणि PowerPoint या सुविधा क्रोम ओएस प्रणालीमध्ये वापरता येतात.
५. गुगलने एक मिडीया प्लेयर क्रोम ओएस प्रणालीला आणि क्रोम browserला जोडलेला आहे. यामुळे MP3 वरील कार्यक्रम बघता / ऐकता येतात. JPEG फाइल्स आणि इतरही मल्टिमिडीया फाइल्स वापरता येतात.
६. इतर प्रणालींप्रमाणेच क्रोम ओएसमध्ये एक फाइल manager अंतर्भूत केलेला आहे. यामुळे गुगल drive वरील व संगणकावरील directories आणि फाइल्स बघता येतात. त्याचप्रमाणे फाइलमधील माहिती निरनिराळे

महाजालीय कार्यक्रम वापरून, पूर्ववलोकन करून व्यवस्थित ठेवता येते.

- **अनेक उपयोजक :** क्रोम ओएस वापरताना वेगवेगळी उपयोजक खाती (user accounts) एकाच वेळेला वापरता येतात.

क्रोमबुक वापरण्याचे फायदे:

- **कमी किंमत :** क्रोमबुकच्या किंमती विंडोज लॅपटॉप किंवा ऑपलच्या मॅकबुकच्या तुलनेत खिशाला परवडण्यासारख्या आहेत.
- **त्वरित सुरुवात:** क्रोमबुक केवळ ३-४ सेकंदांमध्ये सुरु (boot) होतो.
- **विषाणूमुक्तता:** क्रोम ओएस लिनक्सवर आधारलेली असल्यामुळे विषाणूंची बाधा होण्याची शक्यता विंडोज पेक्षा खूपच कमी असते.
- **स्व-नूतनीकरण (Auto-update):** क्रोम ओएस प्रणाली सुरु केल्यावर त्याचे स्व-नूतनीकरण आपोआप होते आणि प्रणालीचे नवीन प्रतीरूपच (version) सुरु होते.

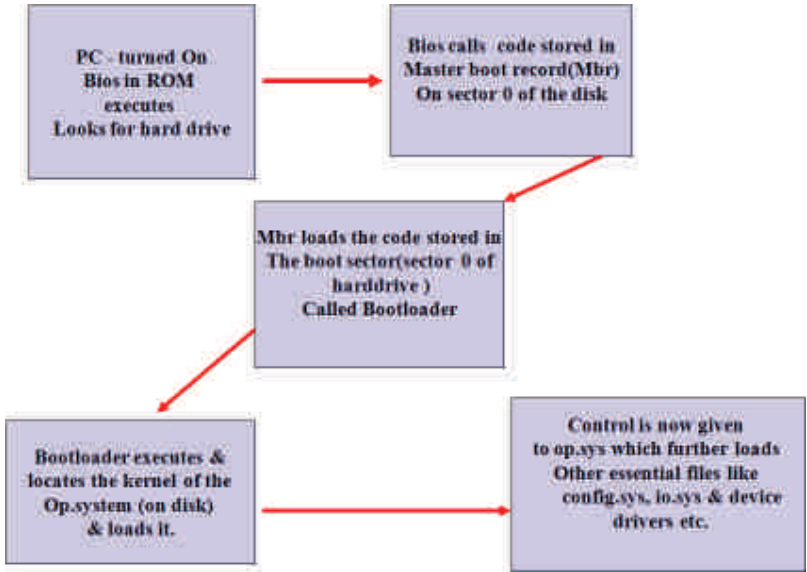
क्रोमबुक व क्रोम ओएसचे तोटे:

- **Optical Disc:** क्रोमबुकमध्ये optical drivers नसतात आणि बाहेरील प्रकाशकीय चकत्यांना ही प्रणाली आधार देत नाही. त्यामुळे CD किंवा DVD वापराची असेल तर क्रोमबुकचा उपयोग नाही.
- **संगणकीय खेळांचा अभाव :** संगणकीय खेळ खेळण्यासाठी क्रोमबुक वापरता येत नाही. कारण ते फक्त HTML किंवा FLASH मधील आराखडाच (Format) वापरू शकते.
- **मुद्रण:** क्रोम ओएसमध्ये थेट मुद्रणाचा पर्याय उपलब्ध नाही. तुम्हाला 'क्लाउड प्रिंट' असा पर्याय वापरून इंटरनेटच्याद्वारे मुद्रण करावे लागते.

• कमी साठवणीची जागा:

क्रोमबुक साधारणपणे 16 GB एवढ्या कमी क्षमतेमध्ये उपलब्ध असतात. परंतु क्रोमबुक खरेदी केल्यास गुगल 100 GB एवढी क्लाउडवरील साठवणीची जागा फुकटात उपलब्ध करून देते.





- इंटरनेटशिवाय वापर अवघड:** क्रोम ओएस इंटरनेटशिवायही वापरता येते. परंतु बऱ्याच गोष्टी इंटरनेटवरती साठवून ठेवलेल्या असल्यामुळे इंटरनेट उपलब्ध असणे अत्यंत गरजेचे बनते. पारंपरिक संगणकापेक्षा क्रोम ओएसमुळे महाजालावर कथा/बातम्या वाचणे, सोशल मिडीया वापरणे किंवा पत्रव्यवहार (mail) करणे सोपे पडते. संगणकावर प्रतिष्ठापित केलेले programs वापरण्याऐवजी त्यांचे महाजालीय प्रतिरूप (web version) वापरायचे असल्यासही क्रोम ओएस जास्त सोयीचे होते. परंतु एखाद्या कार्यक्रमाचे महाजालीय प्रतिरूप अस्तित्वातच नसेल तर क्रोम ओएसचा

उपयोग होणार नाही. उदा. श्रीलिपी वापरता येत नाही.

अशा प्रकारे गूगल क्रोमबुकचे इतर संगणकाप्रमाणे फायद्यांबरोबर तोटेही आहेत. परंतु ते वापरण्यास सोपे असल्यामुळे शाळांमध्ये लोकप्रिय आहे.

क्रोमबुक खरेदी करण्यापूर्वी वरील गोष्टी विचारात घेऊनच ते आपल्यासाठी योग्य आहे किंवा नाही हे प्रत्येकाला ठरवावे लागेल.

■ ■

लेखक : **वीणा कुलकर्णी**, बी.टेक.अमेरिकेतून एम.एस. २४वर्षे चीफ रिसर्च ऑफिसर म्हणून CWPRS मध्ये काम, पुणे विद्यापीठात जिओइन्फर्मेटिक्स विभागात मानद प्राध्यापक.

अनुवाद : **संजीवनी आफळे**

मिश्रण आणि स्थिर विद्युत

लेखक : किरण बर्वे

लहानपणी प्लॉस्टिकसूचा कंगवा केसांना घासुन टेबलावरील कागदाचे कपटे उचलण्याचा खेळ प्रत्येकानेच खेळला असेल. प्लॉस्टिक कंगवा डोक्यावर घासला की त्यावर स्थिर विद्युत तयार होते. आणि त्या स्थिर विद्युतीमुळे कागदाचे कपटे उचलले जातात. आपण हाताने ते उचलत नाही, कंगवाही चिकटवत नाही.

हे तत्त्व वापरून खाली एक दोन प्रयोग सुचवले आहेत ते करा.

उद्देश

स्थिर विद्युतीचा उपयोग करून मिश्रणातून पदार्थ वेगवेगळे करता येतात का तपासणे.

निसर्गात सहसा पदार्थांची मिश्रणेच आढळतात. काही वेळेस मिश्रणातून संयुग, मुलद्रव्य वेगळे करणे आवश्यक असते. स्थिर विद्युत त्या साठी वापरता येते का?

साहित्य

चमचा, प्लॉस्टिकचा कंगवा, सुरी, लोकरीचे कापड, साखर, मिरीची पावडर, लसूण पावडर (पेस्ट वाळवून मग करावी लागेल?), कॉपर सल्फेट, पोटॅशियम क्लोराइड, मीठ, सोडा, छोटी ताटली.

कृती

१ वरील पदार्थ १ ग्रॅम इतके घेऊन एकेका पिशवीत घालून ठेवा. जैविक, अजैविक (ऑर्गेनिक / इनऑर्गेनिक) असे सर्व पदार्थ एका लहान ताटलीत एकत्र करा.

मिश्रण१ : लसूण पावडर आणि मीठ.

मिश्रण२ : कॉपर सल्फेट आणि साखर.

मिश्रण३ : मिरी पावडर आणि पोटॅशियम क्लोराइड.

प्रत्येकाचे वजन २ ग्रॅम होईल.

२. मिश्रण कागदावर घ्या.

३. लोकरीच्या कापडाने, उदा.

लोकरीचा मोजा, कंगवा १० ते १५ सेकंद

घासा. कंगव्यावर स्थिर विद्युत तयार झाली असेल.

४. कंगवा एका मिश्रणावर धरा. आता खालच्या मिश्रणात हालचाल झाली का?

५. जेव्हा मिश्रणातून कंगव्यावर पावडर येणे थांबेल त्यावेळी कंगव्यावरील पदार्थ काळजीपूर्वक दुसऱ्या ताटलीवर काढून घ्या. वर जमा झालेल्या पदार्थाचे वजन करा.

६. ह्या पद्धतीने तीनही मिश्रणांचे करा.

७. जमा झालेल्या पदार्थाचे वजन करा, आणि ते पदार्थ अन्य पद्धतीनी वेगळे करा. (बघूनसुद्धा करता येतील कदाचित)

माझी निरीक्षणे खालील प्रमाणे आली.

तुमची निरीक्षणे नोंदवा. मी जे निष्कर्ष काढले ते तपासून बघा. ह्याचा अर्थ काही काही मिश्रणे वेगळी करण्यासाठी स्थिर विद्युत वापरता येऊ शकेल, अशी मिश्रणे कोणती?

ह्या प्रकल्पात तुम्हाला आता काही मनोरंजक माहितीचे संकलन करायची आहे.

प्रतिलिपी म्हणजे फोटो कॉपी (झेरॉक्स हे कंपनीचे नाव आहे. प्रतिलिपी काढताना योग्य त्या ठिकाणी शाई चिकटावी, अन्यत्र नाही ह्यासाठी स्थिर विद्युत तयार करून (चिकटू नये) तिचा वापर करतात. हे कसे करतात त्याची माहिती मिळवा.

यंत्राचे तत्त्व, चित्र, त्यातील प्रत्येक भागाचे काम अशी सर्व माहिती त्यात असावी. स्थिर विद्युत कशी तयार करतात, आणि तिचा नेमका उपयोग कसा केला जातो ह्या गोष्टी सर्वात महत्त्वाच्या.

(माहितीचे संकलन संदर्भ कडे पाठवा, चांगले संकलन प्रसिद्ध करता येईल.)

	लसूण पावडर आणि मीठ	कॉपर सल्फेट आणि साखर	मिरीपावडर आणि पोटॅशियम क्लोराइड
किती मिश्रण वर आकर्षित झाले?	०५ ग्रॅम	०३ ग्रॅम	२३ ग्रॅम
कोणती संयुगे त्यात होती?	दोन्ही	साखर	सांगता येत नाही
अशा पद्धतीने हे पदार्थ वेगळे करता येतील का?	नाही	शक्यता आहे	बहुदा नाही



लेखक : किरण बर्वे, मो. - ९४२३० १२०३४

अवकाश तळ

लेखक : सुरेश नाईक

विमानांच्या उड्डाणासाठी तसेच त्यांना उतरण्यासाठी सुसज्ज अशा विमानतळाची जरूरी असते; तशीच, परंतु त्याहून अधिक सुसज्ज व अत्याधुनिक अशा सुविधा असणाऱ्या अवकाशतळाची (Launching Range) आवश्यकता, उपग्रह - प्रक्षेपण - यानाच्या उड्डाणासाठी लागते. 'इस्रो'चा अवकाशतळ चेन्नईपासून १०० कि.मी. उत्तरेस व भारताच्या पूर्व किनाऱ्यावर आंध्र प्रदेशाच्या नेल्लोर या जिल्ह्यात श्रीहरिकोटा नावाच्या बेटावर आहे. हा तळ १९६९ मध्ये प्रस्थापित करण्यात आला.



आकृती १ : साऊंडिंग रॉकेट - तळ - तुंबा

केरळच्या दक्षिण टोकाला समुद्रकिनार्यावर वसलेल्या 'तुंबा' या चिमुकल्या खेड्यामध्येही 'इस्रो'चा एक छोटासा अवकाश तळ १९६३ मध्ये प्रस्थापित करण्यात आला आहे; परंतु येथून उड्डाण करणारे अग्निबाण हे छोटे असून त्यांना 'साऊंडिंग रॉकेट्स' असे म्हणतात. 'तुंबा' हे पृथ्वीच्या चुंबकीय विषुववृत्तीय (भौगोलिक विषुववृत्तापेक्षा वेगळे) प्रदेशात वसलेले आहे. चुंबकीय विषुववृत्ताच्या प्रदेशाच्या ९० ते ११० कि.मी. उंचीवर एक 'विषुववृत्तीय विद्युत झोत' चालू असतो. वातावरणातील वरच्या थरातील घडामोडींशी त्या विद्युत झोताचा संबंध असतो. या घडामोडींविषयी हवामान - शास्त्रज्ञांना खूप कुतूहल व आकर्षण असते. त्यामुळे 'तुंबा इन्स्टोरियल लॉच सेंटर' (टर्ल्स) याची स्थापना मुख्यतः वातावरणाच्या वरच्या थरातील घडामोडींच्या संशोधनार्थ तिरुअनंतपुरम पासून जवळ असलेल्या तुंबा या खेड्यात करण्यात आली. 'साऊंडिंग' या शब्दाचा अर्थ नाविक शास्त्रात 'मापन' असा होतो.

‘साऊंडिंग रॉकेट्स’ द्वारे सोडण्यात येणाऱ्या उपकरणाचा अवकाशातील निर्धारित कार्यसमय काही मिनिटांचाच असतो. पृथ्वीच्या कक्षेत त्यांना फिरते ठेवण्याचा उद्देश नसतो. त्यामुळे वर सांगितलेल्या प्रकारच्या संशोधनासाठी कमी खर्चाची साऊंडिंग रॉकेट्स अत्यंत उपयोगी असतात.

पृथ्वीच्या कक्षेत भ्रमण करणाऱ्या उपग्रहांचे प्रक्षेपण तसेच चांद्रीय व आंतरग्रहीय मोहिमांसाठी अधिक शक्तिमान रॉकेट्स व अत्यंत सुसज्ज असे अवकाशतळ यांची आवश्यकता असते.

श्रीहरिकोटा येथील इस्रोचा अवकाशतळ हा या प्रकारच्या मोहिमांसाठी प्रस्थापित करण्यात आलेला आहे. श्रीहरिकोटाचे बेट हे भारताच्या पूर्व किनाऱ्यापासून १७ किलोमीटर समुद्रामध्ये आहे. बेटाच्या पूर्व दिशेला बंगालचा उपसागर

आहे. या तळावरून भारताचे ध्रुवीय कक्षेत भ्रमण करणारे इंडियन रिमोट सेन्सिंग सॅटेलाईट्स (आयआरएस) किंवा दूर संवेदक उपग्रह प्रक्षेपित करण्यात येतात. उपग्रहाचे प्रक्षेपण दक्षिणेला करायचे असते. त्या दिशेला हिंदी महासागर असल्याने उड्डाणाच्या दृष्टीने तो सुरक्षित टापू आहे. ‘इन् सॅट’ (Indian National Satellite) हे दुसऱ्या प्रकारचे उपग्रह (दूरसंचार व टीव्ही प्रसारण या सेवा पुरविणारे) हे भूस्थिर कक्षेत फिरणारे असतात. त्यांना विषुववृत्तांशी समांतर अशा पातळीत फिरते ठेवायचे असते. यांचे प्रक्षेपण करताना अग्निबाणाचा प्रवास भारताच्या पूर्वेस होतो. या बाजूला बंगालचा उपसागर असल्याने तोही टापू सुरक्षित आहे.

सुरुवातीला या इस्रोच्या अवकाशतळाचे नाव श्रीहरिकोटा रेंज (शार-एसएचएआर) असे ठेवले गेले. अग्निबाणाच्या



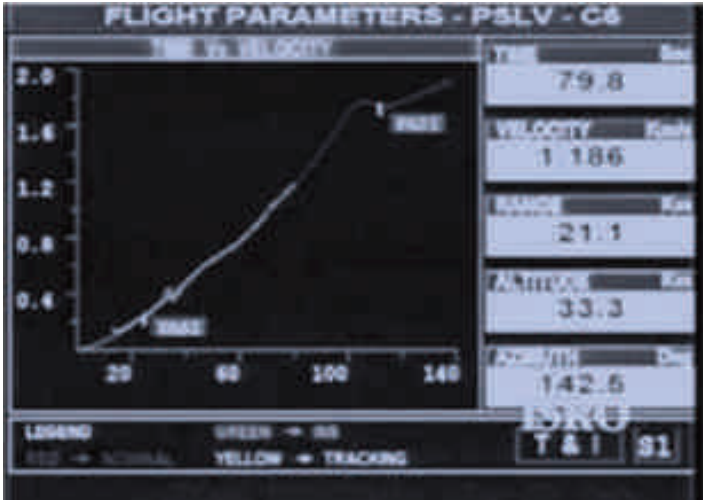
आकृती २ : उपग्रह प्रक्षेपणासाठी अवकाशतळ - श्रीहरिकोटा

इंधनासाठी लागणाऱ्या घन प्रणोदकाचा (Propellant), रॉकेट मोटर्सची स्थिर-चाचणी-सुविधा, दूरमिती (टेलिमेट्री) दूरादेश (टेलि कमांड), ट्रॅकिंग (अग्निबाणाचा व उपग्रहाचा मागोवा घेणारी प्रणाली), डाटा ॲक्विझिशन प्रोसेसिंग आणि इतर बऱ्याच सुविधा येथे आहेत. १९७९ पासून ते जानेवारी २०१६ पर्यंत येथून इस्त्रोच्या ५१ मोहिमांतर्गत अग्निबाणांची उड्डाणे झालेली आहेत. अवकाश संशोधनाच्या क्षेत्रात गौरवशाली कामगिरी करणाऱ्या इस्त्रोच्या नेतृत्वाची जबाबदारी बारा वर्षे यशस्वीपणे सांभाळणारे प्रा. सतीश धवन यांचे ५ सप्टेंबर २००२ रोजी निधन झाले. त्यांच्या स्मृती प्रित्यर्थ शार सेंटरचे नाव 'सतीश धवन स्पेस सेंटर' असे करण्यात आले.



आकृती ३ : नियंत्रण कक्ष

उड्डाणमंचापासून सुरक्षित अंतर राखून नियंत्रण कक्षाची उभारणी करण्यात आलेली आहे. शास्त्रज्ञांना येथे बसून उड्डाण मंचावरील रॉकेटच्या उड्डाणाचे नियंत्रण करता येते. त्याचे निरीक्षण करण्यासाठी नियंत्रण कक्षामध्ये एक अवाढव्य मॉनिटर आहे.



आकृती ४ :
नियंत्रण
कक्षातील
अवाढव्य
मॉनिटर

लेखक : सुरेश नाईक, ज्येष्ठ अवकाश शास्त्रज्ञ, देशाच्या १५ हून अधिक उपग्रह मोहिमांत मोलाची कामगिरी. माजी समूह संचालक, इस्त्रो. निवृत्तीनंतर विद्यार्थ्यांमध्ये अवकाश संशोधनाबद्दल आस्था उत्पन्न होण्यासाठी भरपूर लेखन आणि व्याख्याने.

फुलपाखराला उडणं कोण शिकवतं?

लेखक : रेखा चमोली • अनुवाद : ज्योती देशपांडे

आम्ही एका दाट लोकवस्ती मध्ये राहतो. भरपूर घरं आणि छोटे छोटे रस्ते. आमचा निसर्गाशी संपर्क म्हणजे लहानसा फुलझाडांचा वाफा. त्याच वाफ्यामध्ये आम्ही चांदण्यारात्री कोळ्याला जाळं विणताना बघितलं आहे. मुंग्यांना वारूळात साखर नेताना बघितलं आहे. बऱ्याच प्रकारच्या बिया अंकुरताना बघितलं आहे. रोपं वाढताना बघितलं आहे.

एकदा मे महिन्याच्या सुट्टीमध्ये एक छोटी अळी दरवाजासमोर पाहिली. त्या छोट्याशा वाफ्यामधून ती इकडे आली असावी. अशाच अळीचं पुढे फुलपाखरू तयार होईल असं सांगितलं तेव्हा मुलांना

खूपच उत्सुकता वाटली. मुलांनी पुस्तकातील चित्रामध्ये अळी बघितली होती. आपण ही अळी पाळू या असं त्यांनी ठरवलं. मी पण आतापर्यंत अळी पुस्तकातच बघितली होती. त्यामुळे मला पण ही कल्पना आवडली.

आम्ही प्लास्टिकच्या एका डब्यात ती अळी ठेवली. डब्याचं झाकण काढून ठेवलं. आणि डब्याच्या तोंडावर एक रूमाल बांधला. पण तिला खायला काय घालायचं हा आम्हाला प्रश्न पडला होता. ती अळी ज्या वाफ्यातून बाहेर आली होती. तिथलीच चार पाच झाडांची पानं आम्ही तिला खायला घातली. हळूहळू आम्हाला अळीच्या खाण्याचा अंदाज आला. ती फक्त डेलियाच्या



झाडाची पानं खात होती. ती आम्ही तिला देण्यास सुरुवात केली. रोज मुलं तो डबा उघडून साफ करून, स्वच्छ केलेली पानं तिला खाण्यासाठी देत आणि तिची वाढ झालेली बघून खुश होत. आपापल्या मित्र



पहिल्यांदा आम्ही अळी बघितली तेव्हा मुलांना पडलेले प्रश्न.

खरोखरच या अळीपासून फुलपाखरू तयार होईल?

अळी कुठून आली असेल?

अळीची आई तिला शोधत असेल का?

तिचं घरं शोधून तिला परत घरात सोडत येईल का? तिची आई शोधत आली तर आपण अळी देऊन टाकायची?

अळी इतकी पानं खातं आहे. तिला एवढी भूक का लागली असेल?

अळीच्या तोंडात दात असतील का? अळीला इतके पाय का असतात?

ती जर वाप्यामध्येच असती तर ती कुठे कुठे फिरली असती?

तिची आई तिला दिसली असती का?

तिला भाऊ बहिण असतील का? ती त्यांच्याशी खेळत असेल का?

तिला डब्यामध्ये काय वाटत असेल?

तिला आपण दिसत असू का? आपला आवाज ऐकू येत असेल का?

मैत्रिणींना बोलावून, ती अळी दाखवण्यात मुलं मशगुल होत. अळी बघून मुलांना रोज वेगवेगळे प्रश्न पडायला लागले.

अचानक एक दिवस आमच्या लक्षात आलं की अळी निपचित पडून आहे. काहीच हालचाल करत नाही. मुलं उदास झाली. मुलांनी तो डबा उन्हात ठेवून दिला. पण मग आमच्या लक्षात आलं त्या अळीचं कोषामध्ये रूपांतर होत आहे. तेव्हा आम्हाला बरं वाटलं. मी मुलांना सांगितलं आत काही दिवसांनी या कोषातून फुलपाखरू बाहेर येईल.

या दरम्यान मुलांनी इंटरनेट वरूनही माहिती मिळवण्याचा प्रयत्न केला होता. पण पुरेशी माहिती मिळाली नाही. आम्ही सर्वजण वाट पहात होतो. निरीक्षण चालू होतं. हळूहळू आमच्या लक्षात आलं त्या पारदर्शक आवरणाच्या आतील रंग बदलतो आहे. त्यामध्ये छोट्या ठिपक्यांची रचना दिसायला लागली. अकरा दिवसांच्या

प्रतीक्षेनंतर सकाळी आम्ही उठून पाहिलं तर एक छोटं फुलपाखरू आमची वाट बघत होतं. आम्हा सर्वांना खूपच आनंद झाला. फुलपाखरू उडून जाण्यासाठी उत्सुक होतं. आम्ही त्या डब्यावरचा रूमाल काढला. फुलपाखरू पटकन त्यातून उडून बाहेर आलं. तिथेच वाफ्यावर त्यांनी दोन चकरा मारल्या आणि उघड्या जगात फिरायला ते बाहेर पडलं.

तेव्हापासून मुलं फुलपाखरू दिसलं की प्रश्न विचारतात, 'अरे हे आपल्या इथलं फुलपाखरू आहे का?' त्या सर्व प्रक्रियेमध्ये मुलं खूपच रमून गेली होती. फुलपाखरू उडून गेल्यानंतर त्यांनी प्रश्नांची फैरच चालू केली. छोट्या फुलपाखराला उडायला कोण शिकवतं? ते एकटंच एवढ्या मोठ्या दुनियेत कसं फिरेल?

त्यानंतर मुलं त्या छोट्या वाफ्याजवळ जाताना नेहमीच अजून एखादी अळी दिसते का? याचा शोध घेत असत.

शाळेभोवतीच्या रोपांवर सुद्धा त्यांनी अळीचा शोध घेतला, पण कुठंच दुसरी अळी सापडली नाही. दुसऱ्या वर्षी परत एप्रिल महिन्यात आम्हाला दुसरी अळी सापडली पुन्हा आम्ही ती अळी पाळली. मुलांनी तिची खूपच काळजी घेतली. ठरावीक दिवसानंतर त्याचं एका सुंदर छोट्या फुलपाखरात रूपांतर झालं. या वेळी कोषातून फुलपाखरू संध्याकाळी बाहेर आलं संध्याकाळी सहा वाजता आम्हाला फुलपाखरू कोषातून बाहेर आलेलं दिसलं. त्याला आम्ही डब्यातून बाहेर सोडलं. वाफ्यावर उडून ते एका रोपावर विसावलं. आम्ही थोडावेळ त्याला तिथेच बसलेलं बघितलं. रात्र झाली म्हणून उडत नसेल असं वाटलं. सकाळी बघितलं तरीही ते तिथेच बसलेलं दिसलं. आम्हाला काळजी वाटायला लागली. थोड्यावेळात पाऊस आला पण तरीही ते फुलपाखरू तिथेच बसलेलं होतं. दुसऱ्या दिवशी मुलांना सुट्टी होती.

मी मुलांना फोन लावला तर कळलं की ते फुलपाखरू अजून तिथेच बसून आहे. ते भिजू नये म्हणून मुलांनी त्यावर फुलाची छोटी छत्री केली होती. मी संध्याकाळी बघितलं तरी ते अजून तिथेच बसून होतं. सगळ्यांना काळजी वाटत होती. फुलपाखरू उडत का नाही?



त्याला मार वगैरे नाही ना लागला ? जखमी नाही ना झालं ? आजारी नाही ना ? शंका यायला लागल्या. मी हळूच त्याच्या जवळ हात नेला. ते उडून माझ्या हातावर बसलं आणि तिथून दुसऱ्या रोपावर उडून गेलं. आम्हाला हायसं वाटलं. म्हणजे ते उडू शकत होतं! तेवढ्यात हवा बदलली. ऊन पडलं. आता ते फुलपाखरू रोपांवर उडायला लागलं होतं. जवळच्या छज्यावर बसलं आणि तिथून उडून गेलं. असं का झालं ? ते उन्हां येण्याची वाट बघत होतं का ? पहिली अळी आणि दुसरी अळी यांच्या फुलपाखरू होण्याच्या प्रक्रियेमध्ये खूप समानता होती. पण काही फरकही दिसला.

पहिली अळी चार, पाच दिवस अळीच्या रूपात होती नंतर अकरा दिवसापर्यंत कोषात होती आणि रात्री त्यातून फुलपाखरू बाहेर आलं. कोष पण रात्रीतच तयार झाला होता. आणि दुसरी अळी ६ दिवस अळीच्या रूपात होती. पुढचे ९ दिवस हिरव्या कोषाच्या रूपात होती. दोन्ही फुलपाखरांच्या कोषामध्ये आकारात फरक जाणवला. दोन्ही अळ्यांच्या प्रजातीमधल्या फरकामुळे असं झालं असावं. कारण दुसरं फुलपाखरू पहिल्यापेक्षा मोठं होतं आणि दिवसा फुलपाखरात रूपांतरित झालं होतं.

अळी आपला कोष कुठे आणि कशी बनवते ? फुलपाखरू कुणाच्याही



मदतीशिवाय उडू कसं शकतं ? कुणाकडून उडायला शिकतं ? अशा सगळ्या प्रश्नांवर अक्षत विचार करत होता आणि एक दिवस तो माझ्याकडे आला आणि म्हणाला. “जसं तुम्ही आमच्यासाठी निरोप ठेवता त्याप्रमाणे फुलपाखरू पण अंडे देताना त्यामध्ये निरोप ठेवत असेल. जेव्हा अळी अंड्यातून बाहेर येत असेल तेव्हा त्याला कळत असेल आपोआप की आपल्याला काय करायला हवंय ? काय करू नये ? कोष कसा बनवायचा ? उडायचं कसं ?”

फुलपाखराला उडायला कोण शिकवतं हे जरी समजलं नाही तरी या सगळ्या प्रक्रियेत निरीक्षण करणं, अळीची काळजी घेणं आणि फुलपाखरू उडोपर्यंत धीर धरून वाट पाहणं यातून मुलं खूप काही शिकली आणि त्याचा आनंद आम्ही सर्वांनीच लुटला.

हिंदी शैक्षणिक संदर्भ अंक ९३ मधून साभार



लेखक : रेखा चमोली, उत्तराखंड येथील राजकीय प्राथमिक विद्यालयात शिक्षिका, साहित्यात रूची
अनुवाद : ज्योती देशपांडे



बसू दे थोडा चटका!

लेखक : विनय र. र.

ऊन किती तापलंय म्हणत तुम्ही तुमच्या मुलांना बाहेर पडूच देत नसाल, तर मोठेपणी त्यांचे दात लवकर पडणार आणि जाता-येता हाडं मोडणार, हे नक्की. - हे असं का?

उन्हाळा पेटला की, भडकलेल्या सूर्यापासून बचाव कसा करावा? याचे किमान हजार उपाय आणि पर्याय सुचवले जाऊ लागतात. उन्हाळा असो वा नसो, एकूणच तापत्या उन्हापासून दूर राहावं आणि लहान मुलांना तर उन्हात अजिबात फिरकूच देऊ नये, असं मानणारी एक भलती जीवनशैली रुजू लागली आहे. सूर्याला आपल्या आयुष्यातून असं हद्दपार करणं आणि उन्हात जायची वेळ आलीच तर डोक्यावर टोपी, त्यावर स्कार्फ, डोळ्याला गॉगल असा जामानिमा करूनच बाहेर पडणं यातून आपण काय कमावतो?

तर ड जीवनसत्त्वाची जीवघेणी कमतरता वनस्पती अन्नाच्या बाबतीत स्वावलंबी असतात. हरितद्रव्याच्या आधारेने, पाणी आणि कार्बनडायऑक्साईड वायू हे मूळ घटक वापरून सूर्याच्या उपस्थितीत वनस्पतींना कर्बोदके बनवता येतात. वनस्पतींनी बनवलेले हे अन्न खाऊन इतर प्राणी आणि आपण

माणसेही जगतो. अन्नाप्रमाणेच जीवनाला अतिशय अल्प प्रमाणात लागणारी जीवनसत्त्वेही आपण वनस्पतींकडूनच मिळवतो.

जीवनसत्त्वांचा शोध लावणाऱ्यांनी त्यांना रासायनिक नावे दिली. मात्र ती लक्षात ठेवायला अवघड म्हणून त्यांना जीवनसत्त्व अ, ब, क, ड, ई, के इत्यादी नावे दिली. एवढंच नाही तर त्यांच्यापैकी कोणाच्या अभावामुळे शरीराला कोणत्या प्रकारचा त्रास होतो याचीही माहिती संशोधन करून मिळवली आणि आपल्याला सांगितली.

जीवनसत्त्वे शरीराला आवश्यक असतील तर ती शरीर स्वतःच का निर्माण करत नाही? आपण माणसे कोणत्या जीवनसत्त्वांच्या बाबतीत स्वावलंबी आहोत? केवळ दोन जीवनसत्त्वं अशी आहेत ज्यांच्याबाबतीत माणूस स्वावलंबी आहे. जीवनसत्त्व ब मधील काही प्रकार आणि जीवनसत्त्व ड आपल्या शरीरात तयार होतात. त्यापैकी जीवनसत्त्व ब मधील काही प्रकार आपल्या पचनसंस्थेत सुखानं राहणारे आपले मित्र जीवाणू तयार करतात. मात्र जीवनसत्त्व ड आपलं आपणच तयार करतो. जीवनसत्त्व ड तयार होण्यासाठी

- कोलेस्टेरॉल - कच्चा माल म्हणून लागते. कोलेस्टेरॉलमुळे शरीराला आवश्यक असणारी अनेक विकरे किंवा हार्मोन्स बनतात. त्या शिवाय सर्वात महत्त्वाचा पदार्थ म्हणजे पित्तरस. यकृतात कोलेस्टेरॉलचा वापर करून पित्तरस बनतो. हा पिवळसर हिरवा रंग असणारा पित्तरस लहान आतड्यात अन्न पचविण्याचं काम करतो. आपल्या शरीरात कोलेस्टेरॉल बनलेच नाही तर आपल्याला अनेक शारीरिक क्रिया करताच येणार नाहीत. कोलेस्टेरॉल आपला शत्रू नाही तर जन्माचा जोडीदार आहे. हे कोलेस्टेरॉल सूर्यप्रकाशाच्या मदतीनं त्वचेच्या वरच्या स्तरात ड जीवनसत्त्व तयार करतं, उन्हात जायचं ते त्यासाठी !

सूर्यापासून प्रकाश मिळतो त्यात विविध प्रकारच्या प्रकाश लहरी असतात. त्यांपैकी अतिनील - ब किंवा अल्ट्राव्हायलेट - बी (२९० ते ३२० नॅनोमीटर) प्रकारच्या तरंगलहरी ड जीवनसत्त्व बनण्यासाठी उपयुक्त असतात. सूर्य उगवताना तांबूस दिसतो कारण सूर्य आणि आपल्यामध्ये हवेचा थर जाड असतो. त्यातून येताना बाकीचे तरंग इतस्ततः फेकले जातात आणि तांबड्या रंगाच्या लहरीच आपल्यापर्यंत पोचतात. सूर्य वर चढेल तसतसा सूर्य किरणांना पार करायला लागणारा हवेचा थर कमी कमी होत जातो. अधिक तरंगलांबीच्या लहरी आपल्यापर्यंत पोचतात. मग सूर्याचा प्रकाश पांढुरका आणि प्रखर दिसायला लागतो. अशा प्रकाशात अतिनील ब किंवा अल्ट्रा व्हायलेट बी प्रकारच्या तरंगलहरी असतात. त्या ड

जीवनसत्त्व तयार करण्यासाठी आवश्यक असतात

कोलेस्टेरॉलपासून ड जीवनसत्त्व बनतं ते आपल्या त्वचेच्या वरच्या स्तरात. जितकी त्वचा सूर्यप्रकाशाला उघडी असेल तितक्या प्रमाणात ड जीवनसत्त्वाचे कच्चे रेणू तयार होतात. हे काम अगदी कोवळ्या उन्हात होऊ शकत नाही. सूर्य साधारण क्षितिजापासून पंचेचाळीस अंश वर आला की, हे काम सुरू होतं. सकाळच्या म्हणजे कोवळ्या नव्हे; पण चटका बसणाऱ्याही नव्हे अशा उन्हातच आपलं शरीर ड जीवनसत्त्व बनवू शकतं. (२५ ते ३० मिलीग्रॅम प्रति चौरस सेंटीमीटर). आधुनिक जीवनशैलीत उन्हातान्हातले कष्ट आणि सूर्य यांना हद्दपार करण्याला विकसित झाल्याचं मानलं जातं. ती कल्पना लवकरात लवकर दूर केली पाहिजे. कारण न वापरल्यानं माणसाची शेपूट गेली. तसेच न वापरल्यानं शरीराची ड जीवनसत्त्व निर्माण करणारी यंत्रणा संपायला नको.

ऊन, घाम, अंधोळ आणि साबण !

- उन्हात त्वचेवर बनलेले ड जीवनसत्त्वाचे कच्चे रेणू शरीराच्या आत जायला साधारपणे दोन तास घेतात. यासाठी उन्हातून फिरून आल्यावर लगेचच अंधोळ करू नये. उन्हातून फिरून आल्यानंतर अंधोळ करताना उघड्या त्वचेवर साबण लावणं टाळावं. उघड्या त्वचेवरील ड जीवनसत्त्वाचे कच्चे रेणू तयार झालेला भाग साबणात विरघळतो आणि अंग घासताना अंगावरून पडून गटारीत वाहून जातो. या अंधोळीच्या वेळेला

झाकलेल्या जागी काखेत, जांघेत साबण लावायला हरकत नाही.

उन्हात फिरल्यानंतरचे अट्टेचाळीस तास!

- सकाळच्या उन्हात फिरण्याला आपण सूर्यस्नान म्हणू. सूर्यस्नानात तयार झालेले ड जीवनसत्त्वाचे कच्चे रेणू नंतर शरीरात यकृत या अवयवात जातात. तिथे त्यांचे रेणू थोडे पक्के होतात. त्यानंतर ते मूत्रपिंडाकडे नेले जातात. तिथे त्यांचे पक्के ड जीवनसत्त्व होते. त्यालाच डॉक्टरी भाषेत कोलेकॅल्सिफेरॉल म्हणतात. या प्रक्रियेला अट्टेचाळीस तास लागतात.

- ड जीवनसत्त्व मूत्रपिंडात तयार झालं की, त्याचं सर्वात महत्त्वाचं कार्य सुरू होतं... ते म्हणजे शरीरातून लघवीवाटे बाहेर पडणाऱ्या कॅल्शियमला पकडून परत शरीरात कार्यरत करणं. आपल्या शरीरात कॅल्शियमची कमतरता निर्माण झाली तर शरीर हाडातून-दातातून हाडं पोखरून कॅल्शियम काढून घेतं. (आपल्याला घर बांधणीसाठी दगड लागतात ते आपण गावाच्या आसपासच्या टेकट्या, डोंगर पोखरून मिळवतो. पोखरलेले डोंगरही पावसापाण्यामुळे कोसळू शकतात.) पोखरलेली हाडं ठिसूळ बनतात. अशी हाडं मोडण्याची शक्यता वाढते.

स्कार्फ आणि सनस्क्रीन लावण्यापूर्वी..

- उन्हामुळे त्वचा काळवंडते म्हणून घराबाहेर पडल्यावर अनेक मुली-स्त्रिया विशेषतः वाहन चालवताना चेहरा झाकून घेतात, हातपायही झाकून घेतात. त्यांच्यात ड जीवनसत्त्वाचा अभाव निर्माण होऊ शकतो. त्वचा उजळ

करण्याचे दावे करणारी क्रीम्स शिवाय सनस्क्रीन लावतात. त्यातील रसायनं त्वचेच्या आत ऊन जाऊ देत नाहीत. कितीही माइल्ड क्रीम असलं तरी ते अतिनील ब किरणांना त्वचेच्या आतल्या भागापर्यंत पोचू देत नाही. त्यामुळेच डजीवनसत्त्व तयार होण्यास मज्जाव होतो.

सतत ऊन टाळत राहिला तर...

- आपल्या शरीरात एक मिलिलिटर रक्तात ५० ते ७० नॅनोग्राम इतक्या प्रमाणात ड जीवनसत्त्व असावंच लागतं. इतकंसं ड जीवनसत्त्व आपल्या शरीरातल्या वेगवेगळ्या प्रकारच्या ३००० जनुकांना कार्यरत ठेवतं. ही जनुकं कार्यरत राहिली नाहीत तर शरीरात अनेक व्याधी आणि आजार निर्माण होऊ शकतात.

- जीवनसत्त्वाचा अभाव ओळखण्याची सर्वात सोपी परीक्षा म्हणजे-छातीचे हाड अंगठ्याने दाबा. दाबल्यावर कळ आली किंवा दुखले तर ड जीवनसत्त्वाचा अभाव असू शकतो.

ड जीवनसत्त्वाअभाव

ऑस्टिओपोरोसीस म्हणजे हाडांमध्ये पोकळ्या वाढतात. पुढे मन दडपलेले असणे, मधूमेह, लठ्ठपणा, सोरायसीस, दुभंगलेली मनोवस्था, स्तनाचा, गर्भाशयाचा, प्रोस्टेटचा कर्करोग अशा अनेक विकारांची पायाभरणी होऊ शकते.

इतकी पाळी कशाला येऊ द्यायची?

त्यापेक्षा उन्हात थोडे उघड्याने फिरत जा बसू दे थोडा चटका !



लेखक : विनय र. र.

१०० वर्षांपूर्वी

टेलिफोन तंत्रज्ञानाचा जागतिक प्रसार

नॅशनल जिओग्राफिकच्या मार्च १९१६च्या अंकात टेलिफोनच्या तंत्रज्ञानाच्या जागतिक प्रसाराचा गौरव करणारा एक लेख आहे.

७ मार्च १९१६ रोजी अमेरिकेची राजधानी वॉशिंग्टन डी. सी. येथे टेलिफोनच्या पेटंटची चाळीस वर्षे साजरी करण्यासाठी नॅशनल जिओग्राफिक सोसायटीतर्फे एक खास कार्यक्रम आयोजित करण्यात आला होता. या कार्यक्रमासाठी संपूर्ण देशातून वेगवेगळ्या क्षेत्रातल्या नामवंत व्यक्ती एकत्र आल्या होत्या. अलेक्झांडर ग्रॅहम बेल यांनी टेलिफोनचे पेटंट घेतल्यानंतर केवळ चाळीस वर्षांत अमेरिकेच्या पूर्व किनाऱ्यापासून पश्चिम किनाऱ्यापर्यंत सर्वत्र टेलिफोनचे जाळे पसरलेले होते, आणि याचे प्रात्यक्षिकही जमलेल्या सर्वांनी अनुभवले. या कार्यक्रमात टेलिफोनच्या साहाय्याने अमेरिकेच्या वेगवेगळ्या भागातल्या लोकांशी संपर्क साधण्यात आला, आणि सभागृहातील लोकांनी या संभाषणांचा आनंद लुटला.

अटलांटिक समुद्राच्या काठी असलेल्या शहरात बसून पॅसिफिक समुद्राची गाज सर्वांनी टेलिफोनच्या माध्यमातून ऐकली. अमेरिकेच्या वेगवेगळ्या राज्यांतून

म्हटल्या गेलेल्या राष्ट्रगीताच्या सुरावटी टेलिफोनच्या माध्यमातून या कार्यक्रमात प्रक्षेपित केल्या गेल्या, आणि त्यात उपस्थितांनी आपला सूर मिसळला. जर मंगळावर माणसाने वस्ती केली, तर मंगळाबरोबरही टेलिफोन संपर्क प्रस्थापित करता येईल, असा विश्वास या कार्यक्रमासाठी आलेल्या टेलिफोन क्षेत्रातल्या तज्ञांनी व्यक्त केला.



वॉशिंग्टन डी.सी. मधील कार्यक्रमात उपस्थित असलेल्या हॅरिस दांपत्याला फोनवरून शुभरात्रि म्हणणारी त्यांची मुले



आलेली आहे, त्यामुळे जग जास्त जवळ येईल, आणि माणसे एकमेकांशी जास्त जोडली जातील, असा आशावादही व्यक्त करण्यात आला आहे.

लेखाच्या शेवटी काही काव्यपंक्ती उद्धृत करण्यात आल्या आहेत. १४८१ साली मर्दर शिफ्टन या कवयित्रीला जणू भविष्यच दिसले होते, कारण तिने लिहिले आहे

Carriages without horses shall go
accidents fill the world with woe
around the world thoughts shall fly
In the twinkling of an eye.

(घोड्यांशिवायच्या गाड्या धावतील
अपघातांनी जग दुःखात बुडेल
विचार जगप्रदक्षिणा करतील
डोळ्याची पापणीही लवायच्या आत.)

अमेरिकेच्या एका टोकापासून दुसऱ्या टोकापर्यंत टेलिफोनचे जाळे पसरवण्याचे काम किती खडतर होते, त्याची झलक या चित्रांमधून पाहायला मिळते.

टेलिफोनचे हे यश साजरे करत असतानाच एका नव्या तंत्रज्ञानाचेही प्रात्यक्षिक दाखवले गेले बिनतारी संदेश यंत्रणा. बिनतारी संदेश यंत्रणेमुळे चोरून ऐकणाऱ्यांची चांदी झाली आहे, कारण या यंत्रणेमुळे संदेश सर्व दिशांना पसरतो, आणि कोणालाही ऐकता येतो, असे निरीक्षण लेखात नोंदवलेले आहे! पण बिनतारी संदेश यंत्रणेमुळे जगभरातून कोणीही कोणाशीही संवाद साधण्याची शक्यता आणखी जवळ



शैक्षणिक संदर्भ: फेब्रु.-मार्च २०१६ RNI Regn. No. : MAHMAR/1999/3913

मालक, मुद्रक, प्रकाशक पालकनीती परिवार करिता संपादक नीलिमा सहस्त्रबुद्धे यांनी
अमृता क्लिनिक, संभाजी पूल कोपरा, कर्वे पथ, पुणे ४ येथे प्रकाशित केले.

